



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA
DE LA MICROCUENCA QUEBRADA SANTA CLARA PARA EL
CONSUMO HUMANO DE LA LOCALIDAD SANTA CLARA, 2017**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Bach. Marco Antonio Ramírez Pérez

ASESOR:

Ing. M. Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz

Código N° 06056117

Moyobamba –Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



“Determinación del balance hídrico y calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo humano de la localidad Santa Clara, 2017”

**Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO SANITARIO**

AUTOR:

Bach. Marco Antonio Ramírez Pérez

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 14 de Setiembre del 2018.

Ing. M. Sc. Santiago Alberto CASAS LUNA
Presidente

Ing. M.Sc. Yrwin Francisco AZABACHE LIZA
Secretario

Ing. Juan Carlos ROJAS VÁSQUEZ
Miembro

Ing. M.Sc. Marcos Aquiles AYALA DÍAZ
Asesor

Declaratoria de Autenticidad


Marco Antonio Ramírez Pérez, identificado con DNI N°72941636, bachiller de la Facultad de Ecología, Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA SANTA CLARA PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA LOCALIDAD SANTA CLARA, 2017.**

Declaro bajo juramento que:

5. La tesis presentada es de mi autoría.
6. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
7. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 14 de setiembre del 2018.


.....
Bach. Marco Antonio Ramírez Pérez
DNI N°72941636



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	RAMÍREZ PÉREZ MARCO ANTONIO		
Código de alumno :	125241	Teléfono:	945600907
Correo electrónico :	antonioramper95@gmail.com		DNI: 72941636

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	ECOLOGÍA
Escuela Profesional de:	INGENIERÍA SANITARIA

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	"DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA SANTA CLARA PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA LOCALIDAD SANTA CLARA, 2017"
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

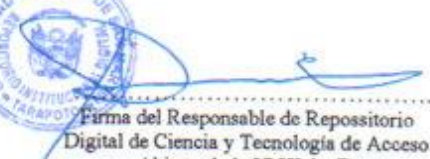


Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

09 / 10 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

“A Dios, por haberme dado la gran oportunidad de gozar de salud y así poder culminar con esta investigación y que sea útil para quien lo necesite”

“Con el amor tan grande que les tengo y al mismo tiempo respeto, a mi papá, a mi mamá, a mis hermanos y a mi enamorada, por seguir confiando en mí y por recordarme siempre que la perseverancia es uno de los ejes para lograr el éxito”.

Marco Antonio.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por guiar mi caminar y mostrarme el sendero correcto por el cual debo seguir, superando obstáculos difíciles y brindándome momentos muy gratos en mi vida.

En segundo lugar, a mi papá Carlomagno Ramírez Mendoza y a mi mamá Albina Pérez de Ramírez, que para mí siempre han sido un ejemplo a seguir enseñándome siempre lo bueno y pese a los malos momentos me ayudaron a superarme, mencionando que siempre la familia es lo segundo más importante en la vida, porque primero está Dios sobre todas las cosas.

En tercer lugar, a mis hermanos: Henry Jhonathan Ramírez Pérez, Louis Gabriel Ramírez Pérez y Katherine Jeaneth Ramírez Pérez por haberme brindado la confianza y el apoyo para aprender cada día más y nunca conformarme con lo poco que uno pueda saber, sino más bien que nunca es tarde para aprender.

En cuarto lugar, a mi enamorada Gina Hidalgo Lozano por estar en todo momento desde que la conocí en las buenas y malas conmigo, aportando con su apoyo incondicional y motivación por querer que me supere y siga adelante pese a las circunstancias adversas.

En quinto lugar, a mi asesor Ing. M. Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz, quien me apoyó en todo momento tanto moralmente y sobre todo con sus conocimientos que han sido de gran importancia para realizar dicha investigación.

Y finalmente, a mi alma mater que es la Universidad Nacional de San Martín – Facultad de Ecología – Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, por haberme formado tanto en el aspecto de conocimiento y en lo profesional gracias a la universidad pude darme cuenta que la profesión de Ingeniería Sanitaria cumple un rol importante en la sociedad, que es la de velar por la salud pública.

Marco Antonio.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1. Problemática	3
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo General	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Fundamentación teórica	6
1.3.1. Antecedentes de la investigación	6
1.3.2 Bases teóricas	10
1.3.3. Definición de términos.....	30
1.4. Variables.....	32
1.5. Hipótesis	32
CAPÍTULO II	33
2.1. Tipo de investigación	33
2.2. Diseño de investigación.....	33
2.3. Población y muestra	33
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	34
2.6. Macrolocalización del proyecto	36
CAPÍTULO III.....	37
3.1. Resultados	37
3.2. Discusiones.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Periodos de diseño</i>	16
Tabla 2. <i>Dotación de agua por región</i>	16
Tabla 3. <i>Dotaciones de agua</i>	17
Tabla 4. <i>Dotaciones según el tipo de proyectos</i>	17
Tabla 5. <i>Clasificación de pendiente de cuencas</i>	22
Tabla 6. <i>Clasificación de pendiente en el cauce principal</i>	29
Tabla 7. <i>Ubicación de la localidad Santa Clara</i>	36
Tabla 8. <i>Instituciones públicas</i>	37
Tabla 9. <i>Información para caudales de diseño</i>	37
Tabla 10. <i>Información censal</i>	37
Tabla 11. <i>Cálculo de la población futura con el método aritmético</i>	38
Tabla 12. <i>Demanda anual proyectada del consumo</i>	38
Tabla 13. <i>Demanda de consumo de agua potable en m³/seg</i>	39
Tabla 14. <i>Estaciones meteorológicas consideradas para el caudal del polígono de Thiessen</i>	40
Tabla 15. <i>Datos históricos de precipitación de la estación meteorológica Pacayzapa</i>	41
Tabla 16. <i>Precipitaciones mensuales máximas, promedias y mínimas</i>	41
Tabla 17. <i>Caudales anuales</i>	42
Tabla 18. <i>Datos considerados para la generación de la oferta hídrica</i>	42
Tabla 19. <i>Caudales de oferta hídrica en m³/seg</i>	43
Tabla 20. <i>Caudales promedios mensualizados en m³/seg</i>	43
Tabla 21. <i>Caudal efectivo en m³/mes</i>	44
Tabla 22. <i>Tiempo de retorno y probabilidad de ocurrencia</i>	44
Tabla 23. <i>Datos básicos para el cálculo del aforo por el método del flotador</i>	45
Tabla 24. <i>Cálculos realizados para determinar el caudal en la fuente</i>	46
Tabla 25. <i>Caudal generado y caudal real</i>	46
Tabla 26. <i>Resultados de los análisis de laboratorio</i>	47
Tabla 27. <i>Balance hídrico realizado con caudales mínimos</i>	49
Tabla 28. <i>Balance hídrico realizado con caudales promedios</i>	50
Tabla 29. <i>Balance hídrico realizado con caudales máximos</i>	50
Tabla 30. <i>Parámetros geomorfológicos de la microcuenca quebrada Santa Clara</i>	51

Tabla 31. <i>Evaluación de la disponibilidad hídrica con caudal mínimo y caudal ecológico</i>	
.....	52
Tabla 32. <i>Evaluación de la disponibilidad hídrica con caudal medio y caudal ecológico</i>	
.....	53
Tabla 33. <i>Evaluación de la disponibilidad hídrica con caudal máximo y caudal ecológico</i>	
.....	54
Tabla 34. <i>Balance hídrico con caudales mínimos para 20 años</i>	56
Tabla 35. <i>Balance hídrico con caudales medios para 20 años</i>	57
Tabla 36. <i>Balance hídrico con caudales máximos para 20 años</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1:</i> Sección longitudinal.....	14
<i>Figura 2:</i> Tirante de agua.....	15
<i>Figura 3:</i> Cálculo de área promedio.....	15
<i>Figura 4:</i> Criterio de Horton	21
<i>Figura 5:</i> Ejemplo de curva hipsométrica	23
<i>Figura 6:</i> Características de las curvas hipsométricas en ciclo erosivo	24
<i>Figura 7:</i> Esquema del número de orden de un río según Horton y Strahler.....	25
<i>Figura 8:</i> Unidades de drenaje	26
<i>Figura 9:</i> Cuencas principales.....	26
<i>Figura 10:</i> Subdivisión interior	27
<i>Figura 11:</i> Asignación de código 9	27
<i>Figura 12:</i> Cuencas interiores	27
<i>Figura 13:</i> Sentido de enumeración	28
<i>Figura 14:</i> Pendiente media y pendiente media ponderada de un cauce	29
<i>Figura 15:</i> Demanda total de agua de la calidad de Santa Clara.....	40
<i>Figura 16:</i> Curva de precipitación mensual	41
<i>Figura 17:</i> Curva del caudal promedio mensual	43
<i>Figura 18:</i> Caudal de ocurrencia.....	45
<i>Figura 19:</i> Comparación de caudales.....	46
<i>Figura 20:</i> Caudal mínimo – demanda hídrica.....	49
<i>Figura 21:</i> Caudal promedio – demanda hídrica.....	50
<i>Figura 22:</i> Caudal máximo – demanda hídrica	50
<i>Figura 23:</i> Curva hipsométrica frecuencia.....	52
<i>Figura 24:</i> Disponibilidad hídrica en la microcuenca quebrada Santa Clara con caudales mínimos y caudales ecológicos.....	53
<i>Figura 25:</i> Disponibilidad hídrica en la microcuenca quebrada Santa Clara con caudales medios y caudales ecológicos	54
<i>Figura 26:</i> Disponibilidad hídrica en la microcuenca quebrada Santa Clara con caudales máximos y caudales ecológicos	55

<i>Figura 27: Variación del agua excedente (Q_{\min})</i>	56
<i>Figura 28: Variación del agua excedente (Q_{med})</i>	57
<i>Figura 29: Variación del agua excedente (Q_{\max})</i>	58

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en la cantidad y calidad del agua de la quebrada Santa Clara con fines poblacionales de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados, en términos de cantidad de agua la evaluación de la disponibilidad hídrica generó superávit de agua para los tres casos, con caudales mínimos se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de 343 755 m³/año y acreditación de agua para el proyecto de 11 029 m³/año, con caudales medios se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de 1 292 220 m³/año y acreditación de agua para el proyecto de 11 029 m³/año y con caudales máximos se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de 2 748 820 m³/año y acreditación de agua para el proyecto de 11 029 m³/año, según estos resultados es posible utilizar la fuente de abastecimiento en el punto de captación con fin poblacional en la quebrada Santa Clara. En cuanto a la calidad de agua a través de los resultados de análisis de laboratorio se observa que en los parámetros microbiológicos se identificó alteraciones en los ECA's del agua, ya que los coliformes totales son >23 NMP/100mL y los coliformes termotolerantes o fecales son >23 NMP/100mL, estos resultados conllevan a el tipo de tratamiento de potabilización del agua que según el D.S. N° 004-2017-MINAM tiene que ser potabilizada solo por desinfección, sin embargo, por otros tipos de factores (clima, tipo de suelo, cobertura vegetal, etc.) se debe considerar algunos tipos de pre-tratamiento para evitar el corte del servicio y alteración de la calidad del agua.

Palabras clave: balance hídrico, abastecimiento de agua, calidad de agua y disponibilidad hídrica.

ABSTRACT

The following research focuses on the quantity and quality of water in the Santa Clara creek for population purposes, from which the following results were obtained. In terms of water quantity, the evaluation of water availability generated a surplus of water for the three cases, with minimum flows, water availability was obtained without a project of 343 755 m³ / year and water accreditation for the project of 11 029 m³ / year, with medium flows, water availability was obtained without a project of 1 292 220 m³ / year and water accreditation for the project of 11 029 m³ / year and with maximum flow rates was obtained water availability without project of 2 748 820 m³ / year and water accreditation for the project of 11 029 m³ / year, according to these results it is possible to use the source of supply in the point of capture with population end in the Santa Clara creek. In terms of water quality through the results of laboratory analysis, it is observed that in the microbiological parameters alterations in the water ECAs were identified, since the total coliforms are > 23 NMP / 100mL and the thermotolerant or fecal coliforms are > 23 NMP / 100mL, these results lead to the type of water purification treatment that according to the DS N ° 004-2017-MINAM has to be treated only by disinfection, however, for other types of factors (climate, soil type, vegetation cover, etc.) some types of pre-treatment should be considered to avoid cutting the service and alteration of water quality.

Keywords: water balance, water supply, water quality and water availability.



INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso socioeconómico escaso y vital que se ve afectado por la creciente demanda de agua para fines poblacionales, amenazando la sostenibilidad de las aguas superficiales, para ello es esencial que los recursos hídricos sean gestionados de manera estratégica y sostenible, también la fuente de agua superficial representa el elemento vital para promover el desarrollo sostenible de una localidad, más aún cuando este lo utiliza para los diversos usos, entre los de mayor importancia están los de abastecimiento para uso poblacional, agrícola, pecuario, minero, energético y otros de menor envergadura como para el uso y mantenimiento de las especies silvestres de flora y fauna existentes (uso ecológico), por lo tanto es necesario definir, su ubicación, cantidad, calidad, oportunidad y distribución dentro de la unidad básica de planificación y desarrollo llamado cuenca, la investigación se ubica geográficamente en la localidad Santa Clara, distrito Alonso de Alvarado, provincia Lamas y departamento de San Martín.

El desabastecimiento de agua en la localidad Santa Clara origina que la población se vea obligada a almacenar el agua en baldes y/o cilindros para consumirlo en el resto del día, muchas veces estos recipientes no cuentan con el tratamiento necesario trayendo como consecuencia el consumo de agua no tratada y que está originando en la población sobre todo en los niños la presencia de parásitos y desnutrición. En el peor de los casos los pobladores se abastecen de las fuentes de agua que circundan con las demás localidades, pero por falta de información no es confiable poder captar el agua de dichas fuentes de abastecimiento de agua, también porque no cuentan con las más mínimas garantías de salubridad para el consumo humano. Bajo este contexto el problema de investigación quedó formulado de la siguiente manera: ¿Cuál es el balance hídrico y la calidad de agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo humano de la localidad Santa Clara?

Para poder responder la pregunta planteada debemos conocer y evaluar las características físicas y geomorfológicas de la microcuenca quebrada Santa Clara, analizar y tratar la información hidrometeorológica existente, estudiar y calcular la escorrentía mediante registros históricos, conocer el comportamiento hidrológico de la microcuenca y determinar la demanda de agua para uso poblacional; además de realizar el balance hídrico de la microcuenca. Así mismo, se debe tener la finalidad de determinar la disponibilidad

hídrica actual y futuro del curso principal de la microcuenca quebrada Santa Clara y, generar la información necesaria para justificar el uso y aprovechamiento de agua superficial, de esa manera abastecer de agua para uso poblacional a 150 habitantes proyectadas al año 2038. Para realizar el análisis hidrológico se utilizó el modelo determinístico hidrológico, que es un modelo matemático donde no se contempla la existencia del azar ni el principio de incertidumbre, en la cual se crean entornos simulados a través de simuladores para el estudio de situaciones hipotéticas, o para crear sistemas de gestión que permitan disminuir la incertidumbre.

La investigación está compuesta por tres capítulos, el primero es la revisión bibliográfica en la cual se recopiló información de impacto con temas referidos a la problemática descrita en el planteamiento del problema, el segundo son los materiales y métodos donde se detallan los procedimientos realizados para lograr los objetivos propuestos, de esa manera se pudo constatar las hipótesis, y el tercero son los resultados y discusiones en los cuales se destacó los aspectos más relevantes obteniendo de la investigación, se analizó, comparó e interpretó los resultados con las bases teóricas del autor y otros autores. Se tiene un objetivo general y cuatro objetivos específicos que están relacionados con la determinación del balance hídrico y calidad de agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el abastecimiento poblacional de la localidad Santa Clara, también se fueron identificando limitaciones en el desarrollo de la investigación tales como: no tener una estación hidrometeorológica específica en la quebrada Santa Clara para el monitoreo de caudales instantáneos, la distancia y el difícil acceso al punto de captación de agua, entre otros. Finalmente se tiene las principales conclusiones que hacen respuesta a los trabajos de la investigación enunciando los logros más importantes, y por otra parte las recomendaciones que es donde se brindan sugerencias que ayudan a solucionar las interrogantes presentadas en la investigación.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Problemática

El uso de agua sin restricciones ha crecido a nivel global a un ritmo de más del doble del aumento de la población en el siglo XX, hasta tal punto que en muchas regiones ya no es posible el suministro de un servicio de agua fiable. La presión demográfica, el ritmo de desarrollo económico, la urbanización y la contaminación están ejerciendo una presión sin precedentes sobre un recurso renovable pero finito, sobre todo en regiones áridas y semiáridas **(FAO, 2013)**.

En México, la distribución geográfica del agua no coincide con la distribución geográfica de la población. El volumen de agua renovable promedio en el país per cápita es de 4,028 metros cúbicos por habitante por año. Sin embargo, existen diferencias sustanciales entre el sureste y el norte del territorio; se observan áreas con gran escasez de agua y regiones con frecuentes eventos hidrometeorológicos que significan costosas inundaciones y afectación de asentamientos humanos e infraestructura **(Consejo Consultivo del agua, 2017)**.

La señal analizada con el indicador de disponibilidad per cápita habla de una situación de crisis potencial en el futuro, sin embargo, en la actualidad, debido a que la población colombiana y sus principales actividades económicas se encuentran ubicadas en regiones con oferta hídrica natural no muy significativa, ya se presentan conflictos por uso y asignación del agua. De acuerdo con las valoraciones de la disponibilidad per cápita anual del agua, Colombia ocupa el lugar 24 entre 203 países, estados como Singapur, Malta, Arabia Saudita, Qatar y Bahamas ocupan los últimos puestos con disponibilidades per cápita menores a 150 m³ por habitante año **(Calle, Rivera, Sarmiento, y Moreno, 2008)**.

Por su carácter de organización global, la OMS mantiene una visión holística y preocupada de la problemática del agua en nuestro planeta, para esta organización el agua es evaluada como un recurso ambiental, pero importa mucho más aún como componente fundamental relacionado con la salud. Desde este punto de vista, es innegable que la evolución del recurso será también de gran importancia para el control de una variedad de enfermedades

de vehiculación hídrica, cuatro billones de episodios de diarrea anuales a nivel mundial, están íntimamente ligados con la disponibilidad y la calidad del agua de consumo (**Solsona, 1999**).

Dentro de la diversidad de problemas socioambientales que se presentan en los asentamientos humanos, es la escasez de agua uno de los que más afecta la calidad del recurso, como por su acceso diferencial y conflictos sociales asociados. Además, es un problema que no depende de la magnitud poblacional o espacial de los asentamientos, ya que se presenta tanto en los pequeños como en los medianos y grandes (**García, 1996**).

Los problemas ambientales se agravan a escala global, debido al uso desmedido que el hombre está dando a los recursos naturales; el agua es uno de ellos, esta situación se hace evidente también a escala nacional y regional, de forma tal, que el abastecimiento y la disponibilidad de este recurso en las cuencas altas de los andes venezolanos pudieran verse comprometidos en el futuro (**Montilla, 2007**).

Después del oxígeno, el agua es la sustancia natural más importante entre las que nos ayudan a mantener la vida, para muchos parecería que el agua es una fuente de vida gratuita y aparentemente ilimitada. Sin embargo, no es así, la demanda inexorable de una población mundial creciente está haciendo que los recursos de agua existentes se vean sometidos a una explotación que rebasa todos los límites posibles, esta explotación excesiva ha alcanzado un punto crítico en los grandes centros urbanos de muchos países en desarrollo y muchas ciudades confrontan problemas tanto con la disponibilidad como con la calidad del agua (**Antón, 1990**).

Hoy en día el agua es sin duda un recurso disputado, múltiples intereses, a menudo contrapuestos giran alrededor del control del agua y de la forma como esta debería distribuirse y asignarse, las controversias y conflictos que surgen por la distribución del agua son generalmente precedidos por una serie de discursos acerca de la cantidad de agua existente en una cuenca (**Crovetto, 2013**).

En la zona centro–norte del país se concentra 27 % de la población, se genera 79% del PIB y se cuenta con sólo 32% del agua renovable; en cambio, en la zona sur donde existe el 68% del agua el país, se asienta sólo 23% de la población y se genera 21% del PIB. Se prevé que en el 2030 el Perú empezará a sentir seriamente los estragos de la falta de agua.

Por otro lado, Sedapal informó que en Lima 720 mil personas carecen de agua potable en sus hogares y sin embargo pocos toman conciencia del despilfarro que se hace de este recurso. Cada día un limeño gasta o consume 251 litros de agua, exactamente el doble que lo que un francés o un suizo usa en el mismo periodo **(Servindi, 2013)**.

Se dice que el Perú es el octavo país en el mundo con mayor disponibilidad hídrica y que poseemos casi el 2% del agua dulce en el mundo, la tasa promedio anual de agua disponible per cápita en el país es casi 59 mil metros cúbicos por habitante; sin embargo, las principales ciudades del Perú y, también, muchas actividades productivas padecen de escasez de agua **(Sakoda, 2016)**.

El Perú, con un área de 1 285 216 km² y una población de 28 220 764 millones de habitantes (a octubre de 2007), se encuentra ubicado en el centro de la costa oeste de Sudamérica. La presencia de la corriente peruana (localmente conocida como la corriente de Humboldt), la cordillera de los andes y la selva amazónica han creado una gran diversidad de climas dentro del país y una distribución muy desigual de los recursos hídricos **(Kuroiwa, 2010)**.

La escasez de agua afecta a la población de la zona urbana de los distritos de Huancayo, El Tambo y Chilca, tendiente a agravarse en los próximos años, siendo importante determinar en términos de riesgo; la implicancia de este peligro considerando condiciones sociales como: grado de preparación y respuesta para afrontarla **(Gómez y Santos, 2012)**.

El crecimiento económico y poblacional que experimenta la sociedad peruana en los últimos años requiere mayor disponibilidad de agua. Sin embargo, el agua tiende a ser cada vez más escasa con respecto a las zonas geográficas donde se expanden las actividades productivas, y donde también se incrementa la población **(Muñoz, 2011)**.

La localidad Santa Clara no cuenta con datos de balance hídrico y calidad de agua de la microcuenca quebrada Santa Clara la cual afecta considerablemente en el abastecimiento de agua para consumo humano, porque no se puede realizar una evaluación de la disponibilidad hídrica en la fuente al no tener datos exactos, y por otro lado, la calidad de agua ayuda a elegir el sistema de abastecimiento de agua potable más favorable para la localidad Santa Clara, entonces no se puede decir que los pobladores estén consumiendo agua segura tanto en cantidad como calidad.

¿Cuál es el balance hídrico y la calidad de agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo humano de la localidad Santa Clara?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar el balance hídrico y calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo humano de la localidad Santa Clara.

1.2.2. Objetivos Específicos

Calcular la demanda hídrica de la localidad Santa Clara y la oferta hídrica de la microcuenca quebrada Santa Clara.

Evaluar los parámetros de la calidad de agua (físicos-químicos y microbiológicos) de la microcuenca quebrada Santa Clara en el punto de captación.

Analizar el balance hídrico de la microcuenca quebrada Santa Clara.

Evaluar la disponibilidad hídrica para el consumo poblacional de la localidad Santa Clara.

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Antecedentes de la investigación

Internacional

Fuentes (2011) en la tesis para obtener el grado académico de doctor en geografía “Estimación del recurso hídrico superficial en el pico de Tancitaro, Michoacán:

Oferta, Demanda y Escenarios de Disponibilidad”. Menciona que su trabajo se centra en el análisis geográfico de la oferta y demanda de agua superficial en el Pico de Tancitaro, localizado al oeste del Estado de Michoacán y el cual es un estratovolcán y la montaña más alta del Estado. Debido a lo anterior y aunado a una infraestructura de registro escasa o en malas condiciones, es que se ha recurrido su volumen y los procesos inherentes a dicho recurso. Parte de los supuestos de este estudio es que es posible realizar diagnósticos y plantear escenarios sobre el potencial de los recursos en general y del agua en particular, mediante estimaciones que pueden ser controladas a través de metodologías múltiples que involucren un análisis multicriterio y multifactorial. Este estudio estimó el recurso hídrico a partir de un enfoque conceptual más práctico, pero también en cuanto a la incorporación de herramientas múltiples de diagnóstico que abarcan el ámbito social inclusive, siendo éste un tema poco incorporado en este tipo de trabajos.

Batres y Gómez (2014) en el trabajo de graduación previo a la opción al grado de ingeniero civil “Balance hídrico y análisis de calidad del agua en la cuenca del río San Antonio, municipio de Nejapa, departamento de San Salvador”. Detallan que esta investigación pretende realizar el balance hídrico superficial de la cuenca del río San Antonio, evaluando la recarga del acuífero mediante modelos temáticos y recopilación de datos meteorológicos así como también realizar pruebas de campo para observar el comportamiento que está teniendo producto de la actividad humana; también se pretende realizar un estudio fisicoquímico y bacteriológico en diversos puntos de interés del cauce del río San Antonio para determinar el índice de calidad del agua del río San Antonio. El estudio hídrico de la cuenca del río San Antonio, estará basado en el análisis de condiciones climáticas, hidrográficas y geológicas de la zona. La recolección, análisis y evaluación de los datos se orientará a establecer una propuesta de programa de monitoreo de la disponibilidad del recurso hídrico, así mismo como de la calidad de éste, para que se pueda establecer acciones para mitigar impactos en la cuenca del río San Antonio, y la alcaldía municipal de Nejapa para el control de los usos agrícolas e industriales que están ubicados actualmente en la zona de la cuenca del río San Antonio.

Carchi (2015) en la tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero ambiental “Elaboración de un balance hídrico de la cuenca del río Machángara”.

Donde mencionan que en el trabajo se realiza un balance hídrico en la cuenca del río Machángara ubicada en la provincia de Azuay y Cañar, tiene una superficie de 325 km² y está compuesta por tres microcuencas: río Chulco, río Machángara Alto y río Machángara Bajo. Se evaluó 3 variables climatológicas que más influyen con la cantidad de agua, siendo así la precipitación, temperatura (media, máxima y mínima) y evapotranspiración. Conjuntamente se determinó la demanda de agua e identificación de los usos más relevantes del recurso hídrico. La disponibilidad hídrica de la cuenca se obtuvo a partir del cruce de información entre la precipitación y evapotranspiración. Para el estudio de la precipitación se determinó las áreas efectivas de cada estación con el método de polígonos de Thiessen, y para el cálculo de la evapotranspiración se empleó el método de Thornwaite, el mismo que está en función de la temperatura media. Para el cálculo de la demanda de agua se realizó un análisis y selección preliminar de datos utilizando la información del Banco de Autorizaciones de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). Los resultados relevantes en esta investigación es el análisis de disponibilidad hídrica versus demanda de agua realizado a nivel de la cuenca alta y cuenca baja, con el propósito de conocer déficit y exceso de recurso hídrico existente en estas zonas a nivel mensual.

Nacional

Untiveros (2011) en la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil “Balance Hídrico de la Laguna Parón, herramienta para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) en la cuenca del Río Santa”. Explica que se desarrolla un balance hídrico de la laguna Parón, localizada en la provincia de Huaylas, departamento de Ancash. Esta laguna se encuentra en el Parque Nacional Huascarán (Área Natural Protegida) y en la cuenca hidrográfica del río Santa. Además, se incluyen tres escenarios debido a que la laguna tiene origen glaciar las cuales son: escenario actual 2010, escenario 2030 y escenario 2090 en el que se realiza un balance hídrico mes a mes. Se presenta un balance hídrico como propuesta para el aprovechamiento sostenible de sus recursos hídricos en el contexto actual del calentamiento global. Según los resultados del presente trabajo, para el escenario actual 2010 se estiman 5 MMC como volumen de superávit de la microcuenca. Para el escenario 2030 se estima que en este escenario se contará con 1.5 veces la

cantidad de agua actual. En el escenario 2090, cuando la población sea mayor y por ende sus demandas hídricas, sobre todo en la parte baja de la cuenca del río Santa, el volumen entregado estimado por la microcuenca Parón habrá descendido a poco menos que la mitad del volumen estimado que hoy día es entregado.

Marroquín (2016) en la tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil “Balance Hídrico Superficial de la subcuenca del río Paltiture. Describe que esta investigación consiste en la evaluación de las características hidrológicas de la subcuenca del río Paltiture para poder calcular la escorrentía a través del balance hídrico superficial siguiendo la Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur realizada por la Unesco. Para esto, se contó con datos pluviométricos desde el período de 1995 hasta 2010. Este análisis se realizó con la finalidad de determinar la disponibilidad del recurso hídrico en la subcuenca y así calcular el volumen que podría tener la presa Paltiture. Para alcanzar los objetivos propuestos se analizaron estadísticamente los datos pluviométricos de las estaciones pertenecientes a la zona de estudio, lo cual permitió estimar el caudal de la zona y la disponibilidad de agua en la subcuenca. De esta investigación es posible concluir que el volumen del embalse Paltiture se determinó teniendo en cuenta la capacidad hídrica de la subcuenca, el caudal ecológico y la interacción entre ambas, obteniéndose tres posibles resultados: 122, 83 y 141 MMC respectivamente.

Regional

Vásquez (2001) en la tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil “Balance Hídrico superficial de la cuenca del río Sisa”. Detalla que se ha desarrollado teniendo en cuenta como referencia bibliográfica la guía metodológica para el balance hídrico superficial de América Latina; en efecto el balance hídrico superficial de la cuenca del río Sisa se calculará dependiendo de los antecedentes existentes, ósea de los controles pluviométricos e hidrométricos. Por lo tanto se han considerado los parámetros de precipitación (P), evapotranspiración real (ETR) y escorrentía superficial (R); de los cuales cada parámetro representa los valores de los promedios anuales. Para cumplir con tal propósito se ha recopilado toda la información necesaria existente, como: Información cartográfica, información hidrometeorológica e información ecológica; y que respectivamente se han

evaluado y procesado mediante la aplicación de métodos adecuados, para luego realizar el respectivo cálculo. El resultado del presente trabajo es de suma importancia y complementario a los trabajos realizados por el SENAMHI e instituciones afines, que al parecer en algunos casos han sido y siguen siendo ineficientes. El trabajo concluye el valor obtenido al final de este trabajo de tesis, cual es, el balance hídrico superficial de la cuenca de río Sisa, se obtuvo un caudal promedio anual de 25.25 m³/s.

More y Guerra (2014) en la tesis para obtener el título profesional de ingeniero sanitario “Evaluación del uso y aprovechamiento potencial del agua para el abastecimiento poblacional en la microcuenca de la quebrada Juningullo, Moyobamba 2013”. Describen que es un trabajo de investigación en donde se presenta información relevante de la oferta hídrica, demanda hídrica y el aprovechamiento potencial del agua, con fines de abastecimiento poblacional. Para esta investigación primero se identificó las acciones y/o actividades, así como todos actores que se encuentran involucrados en el área de estudio; a través de la utilización de instrumentos y procedimientos necesarios para el cumplimiento de los objetivos. La primera actividad que se realizó fue el reconocimiento y delimitación de la microcuenca en estudio, lo que nos facilitó elaborar un plan de muestreo para determinar la calidad del agua a través de la medición de parámetros químicos (pH, sulfato, nitrato, nitrito y hierro), microbiológicos (coliformes fecales y coliformes totales) y organolépticos (color, olor y sabor). Para determinar la continuidad, cobertura y usos del agua, se aplicó encuestas y entrevistas técnicas a la población, permitiendo el levantamiento de información primaria del área de estudio.

1.3.2. Bases teóricas

➤ Balance Hídrico

Arrueta (2009) el tema de ciclo del agua conduce a un planteamiento matemático: el balance hidrológico. Si se considera la cuenca de un río como unidad hidrogeográfica y se considera también un periodo de tiempo, es factible estimar

el agua que entra y sale en el ciclo a través de dicha superficie. El cálculo del balance hídrico es la estimación de entradas y salidas en un periodo de tiempo determinado. Las aportaciones de agua que se efectúan son las precipitaciones. Las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de todos los organismos vivos, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración. La infiltración se considera una puesta en reserva como agua subterránea. Además, se consideran la demanda de agua que tienen los pobladores, para sus diferentes usos y las extracciones de agua potable para consumo. Las magnitudes de estas variables se evalúan en cantidad de agua por unidad de superficie (mm). Al ser estas magnitudes físicamente homogéneas, se pueden comparar calculando su diferencia.

La ecuación general de balance hídrico es la siguiente:

$$\Delta A = P - ETR - Q - D$$

Dónde:

ΔA : Cambio en almacenamiento (mm)

P : Precipitación incidente (mm).

ETR : Evapotranspiración real (mm).

Q : Escorrentía (mm).

D : Demanda de agua y extracciones.

- **Calidad de agua**

La calidad del agua se determina por tres parámetros que son: físicos, químicos y bacteriológicos, de los 3 componentes, los aspectos físicos y bacteriológicos se pueden mejorar con procesos de filtros y desinfección respectivamente, los aspectos químicos no se pueden modificar por tanto son los de mayor cuidado. Un aspecto fundamental en la calidad de las aguas es la salinidad, determinada por la conductividad eléctrica (CE) que se expresa mhos / cm (**García, 2009**).

La calidad del agua puede considerarse como una medida de la idoneidad del agua para un uso particular basado en características físicas, químicas y biológicas seleccionadas. Para determinar la calidad del agua, los científicos primero miden y analizan características del agua tales como temperatura, contenido mineral

disuelto, y número de bacterias. Las características seleccionadas se comparan con las normas y directrices numéricas para decidir si el agua es adecuada para un uso particular. Algunos aspectos de la calidad del agua se pueden determinar directamente en la corriente o en el pozo. Estos incluyen temperatura, acidez (pH), oxígeno disuelto y conductancia eléctrica (un indicador indirecto de minerales disueltos en el agua). Los análisis de las sustancias químicas individuales generalmente se realizan en un laboratorio (E. Cordy, 2001).

- **Sistema de abastecimiento de agua potable**

Se define como sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, al conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua mediante conexión domiciliaria, para un abastecimiento convencional cuyos componentes cumplan las normas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento; así como aquellas modalidades que no se ajustan a esta definición, como el abastecimiento mediante camiones cisterna u otras alternativas, se entenderán como servicios en condiciones especiales. El sistema de abastecimiento de agua atiende a los consumidores a través de los siguientes tipos de suministro: conexiones domiciliarias, piletas públicas, camiones cisterna, mixtos. En caso que el abastecimiento sea directo mediante pozo, lluvia, río, manantial entre otros, se entenderá como recolección individual el tipo de suministro. Los principales componentes hidráulicos en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, de acuerdo al tipo de suministro, son los siguientes: estructuras de captación para aguas superficiales o subterráneas, pozos, reservorios, cámaras de bombeos y rebombeo, cámara rompe presión, planta de tratamiento, líneas de aducción, conducción y red de distribución, punto de suministro, otros (D.S. N° 031-2010-SA).

- **Estimación del volumen medio anual de escurrimiento**

Martínez, Fernández y Salas (2015) de acuerdo al análisis que se haga de una cuenca, tomando en consideración: las pendientes principales, la forma de

concentración de las aguas, la cubierta vegetal existente, la permeabilidad de los terrenos y algunos otros datos de interés, se podrá determinar el coeficiente de escurrimiento que deba aplicarse en cada caso particular, sea a través de tabulares de valores experimentales reportados en la literatura, o por comparación de cuencas que guarden semejanzas con la estudiada. En caso de carecer de datos físicos de la cuenca, se tomará – de acuerdo con las prácticas hidrológicas habituales – un coeficiente de 0.12.

El volumen medio de escurrimiento pondera, a través del coeficiente de escurrimiento, el efecto diferencial de las distintas combinaciones de suelos y vegetación presentes en una cuenca (Unidades de Respuesta Hidrológica). El valor medio se determina con la siguiente expresión:

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

Donde:

Vm=Volumen medio anual escurrido, m³.

Ac=área de la cuenca, m².

Pm=precipitación media anual, m.

Ce=coeficiente de escurrimiento, adimensional.

- **Determinación de la oferta hídrica en la microcuenca**

Arrueta (2009) oferta hídrica total (OHT): La oferta hídrica total para un periodo de un año se puede estimar a través de la siguiente relación:

$$OHT = \sum_{i=1}^{12} OH_i * A = \sum_{i=1}^{12} Pm_i * A$$

i= 1, 2, 3, ... 12 meses

Dónde:

OHT : oferta de agua m³/año.

OH_i : oferta mensual de agua m³/año.

Pm_i : área de la cuenca (ha).

Es muy conveniente contar con una serie de tiempo de al menos 10 años de precipitaciones mensuales de manera que se pueda con mayor confiabilidad establecer un comportamiento promedio de los resultados de la OHT.

Oferta Hídrica Disponibles (OHD).

$$\text{OHD} = \sum_{i=1}^{12} (\text{OHi} - \text{ETPi})$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$ meses

Dónde:

HOD: oferta hídrica anual disponible en $\text{m}^3/\text{año}$.

OHi: oferta hídrica i en $\text{m}^3/\text{año}$.

ETPi: evapotranspiración potencial i en m^3/mes .

I : meses del año (1, 2, 3...12).

• Aforos con flotadores

Villón (2002) una forma sencilla de aproximar el valor del caudal de un cauce, es realizar el aforo con flotadores. Por este método, se mide la velocidad superficial (v) de la corriente y el área de la sección transversal (A), luego con estos valores aplicando la ecuación de continuidad, se calcula el caudal con la fórmula:

$$Q = v * A$$

Para realizar este aforo, se debe escoger en lo posible un tramo recto del cauce de longitud L .

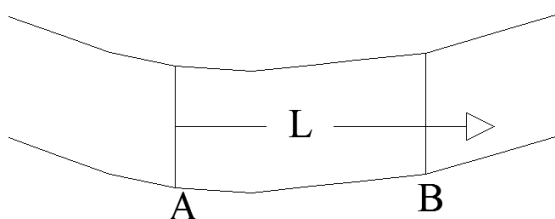


Figura 1. Sección longitudinal.

Medida de la velocidad superficial de la corriente

El procedimiento para medir la velocidad es como sigue: medir la longitud (L) del tramo AB, medir con un cronómetro el tiempo (T), que tarda en desplazarse el flotador (botella lastrada, madera, cuerpo flotante natural) en el tramo AB, calcular la velocidad superficial

$$v = \frac{L}{T}$$

Cálculo del área promedio del tramo

Para el cálculo del área hacer lo siguiente: calcular el área en la sección A (A_a), calcular el área en la sección B (A_b), calcular el área promedio.

$$A = \frac{A_a + A_b}{2}$$

Cálculo del área en una sección

Para el calcular el área en cualquiera de las secciones, hacer lo siguiente: medir el espejo de agua (T), dividir (T), en cinco o diez partes (midiendo cada 0.20, 0.30, 0.50, etc.), y en cada extremo medir su profundidad, calcular el área promedio para cada tramo, usando el método del trapecio.

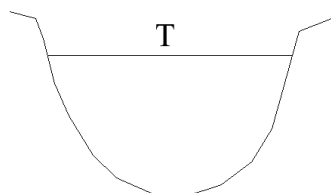


Figura 2. Tirante de agua.

$$A1 = \frac{h0+h1}{2} T1$$

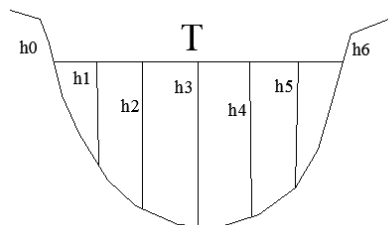


Figura 3. Cálculo de área promedio.

Calcular el área total de una sección:

$$A_a = \sum A_i$$

- **Demanda de agua**

Para el cálculo de la demanda de agua se requiere analizar cuatro variables, que son: periodo de diseño, población actual y futura, dotación de agua, cálculo de caudales.

Periodo de diseño

El periodo de diseño que debe considerarse de acuerdo al tipo de sistema a implementarse es:

Tabla 1.*Periodos de diseño.*

Sistema	Periodo (años)
Gravedad	20
Bombeo	10
Tratamiento	10

Debe entenderse, sin embargo, que en todos los casos la red de tuberías debe diseñarse para 20 años.

Población actual y futura

La población actual se obtendrá de la información de las autoridades locales, relacionándolo con los censos y con el conteo de viviendas y considerando los criterios indicados en el capítulo de información básica.

La población futura, se obtendrá con la fórmula siguiente:

$$Pf = Pa \frac{(1+rt)}{1,000}$$

Dónde:

Pf : población futura

Pa : población actual

r : Tasa de crecimiento anual por mil

t : N° de años

Dotación de agua

La dotación de agua se expresa en litros por personas al día (lppd) y se recomienda para el medio rural los siguientes parámetros:

Tabla 2*Dotación de agua por región.*

Zona	Módulo (lppd)
Sierra	50
Costa	60
Selva	70

Se recomienda los parámetros siguientes:

Tabla 3*Dotaciones de agua.*

Población	Clima	
	Frío	Cálido
Rural	100	100
2,000-10,000	120	150
10,000-50,000	150	200
50,000	200	250

Se debe considerar las dotaciones siguientes:

Tabla 4*Dotaciones según el tipo de proyecto.*

Tipo de proyecto	Dotación (lppd)
Agua potable domiciliaria con alcantarillado	100
Agua potable domiciliaria con letrinas	50
Agua potable con piletas	30

lppd = litros por persona al día

La tendencia a mediano plazo es que las letrinas cambien a alcantarillado y las piletas a instalaciones domiciliarias por tanto en lo posible, se recomienda diseñar instalaciones a futuro con dotaciones de 100 lppd. El proyectista deberá evaluar este aspecto incrementando el módulo o advirtiendo para que se tome medidas en la JASS para su prohibición en estos usos. En este último caso, se deberá evaluar con los beneficiarios del proyecto la decisión de usar micromedidores, para el control del uso del agua con tarifas de acuerdo al consumo.

Caudales de diseño

Los parámetros para un proyecto de agua potable son los siguientes: caudal medio diario (Qm), caudal máximo diario (Q máx. d), caudal máximo horario (Q máx.), para el cálculo se considera las relaciones siguientes:

Qm =

$$\frac{\text{módulo de consumo x poblaciones futura}}{86,400 \text{ seg (24 hrs)}}$$

$$Q_{\max d} = 1.3 Q_m$$

$$Q_{\max h} = 2.0 Q_m$$

Todo este procedimiento es utilizado para el cálculo de la demanda poblacional para proyectos de agua y saneamiento (**García, 2009**).

- **Población futura**

El uso de este método para proyectar la población tiene ciertas implicancias, desde el punto de vista analítico implica incrementos absolutos constantes lo que demográficamente no se cumple ya que por lo general las poblaciones no aumentan numéricamente sus efectivos en la misma magnitud a lo largo del tiempo. Por lo general, este método se utiliza para proporciones en plazos de tiempo muy cortos, básicamente para obtener estimaciones de población a mitad de año.

$$N_t = N_0 (1 + r \cdot t)$$

Donde:

N_t y N_0 = Población al inicio y al final del periodo.

t = Tiempo en años, entre N_0 y N_t

r = Tasa de crecimiento observado en el periodo.

Observación:

El método lineal, se supone un crecimiento constante de la población, la cual significa que la población aumenta o disminuye en el mismo número de personas (**Ríos, 2013**).

- **Polígono de Thiessen**

Villón (2002) para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que, para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones.

El método consiste en: ubicar las estaciones, dentro y fuera de la cuenca, unir las estaciones formando triángulos, trazar las mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos, definir el área de influencia de cada estación, calcular el área de cada estación, calcular la precipitación media, como el promedio pesado de las

precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir:

$$P_{med} = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^n A_i * P_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media.

A_t = área total de la cuenca.

A_i = área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación i.

P_i = precipitación de la estación i.

n = número de estaciones tomadas en cuenta.

- **Parámetros geomorfológicos**

Parámetros de geométricos

Área (A)

Es el área plana en proyección horizontal, de forma muy irregular, obtenida después de delimitar la cuenca; se reporta en kilómetros cuadrados, excepto las cuencas pequeñas que se expresan en hectáreas. En la actualidad existen gran variedad de programas que nos permiten determinar con mayor precisión longitudes y superficies de las cuencas. Entre los paquetes computacionales, se tienen: SIGs: Ilwis, Argis, Idrisi, etc; CADs: Autocad, Land desktop, Vector work, etc (**Terán, 2017**).

Perímetro de la cuenca (P)

Es el borde del contorno (límite exterior) de la forma irregular de la cuenca proyectada en un plano horizontal, obtenida una vez delimitada la cuenca, para calcularlo se puede usar los mismos paquetes computacionales que para el área (**Terán, 2017**).

Longitud del cauce principal

Este parámetro suele coincidir con la longitud del cauce más largo, y es un criterio muy representativo de la longitud de una cuenca. Puede medirse considerando toda la sinuosidad del cauce o la longitud del eje del mismo (**Córdova, 2016**).

Parámetros de forma

Dada la importancia de la configuración de las cuencas, se trata de cuantificar parámetros por medio de índices o coeficientes, los cuales relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento (hidrogramas) (**Villón, 2002**).

Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius (I_c)

Villón (2002) es el cociente que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo del área de la misma cuenca.

$$I_c = \frac{P}{P_o} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.282 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Si:

$I_c = 1$ la cuenca es de forma circular. Este coeficiente nos dará luces sobre la escorrentía y la forma del hidrograma resultante de una determinada lluvia caída sobre la cuenca.

$I_c \approx 1$ cuenca regular

$I_c \neq 1$ cuenca irregular; (I_c grande, menos susceptible a inundaciones).

Parámetros de relieve

Pendiente de la cuenca

La pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

Existen diversos criterios para evaluar la pendiente media de una cuenca, entre las que se destacan son: criterio de Albord y criterio de Horton. En esta oportunidad se presentará el criterio de Horton (**Terán, 2017**).

Criterio de R.E. Horton. Consiste en trazar una malla de cuadrados sobre la proyección horizontal de la cuenca orientándola según la dirección de la corriente principal. Si se trata de una cuenca pequeña, la malla llevará al menos cuatro cuadros por lado, pero si se trata de una superficie mayor, deberá aumentarse el número de cuadros por lado, ya que la precisión del cálculo depende de ello. Una

vez construida la malla en un esquema similar al que se muestra en la Figura 4, se miden las longitudes de las líneas de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel (**Horton, 1932**).

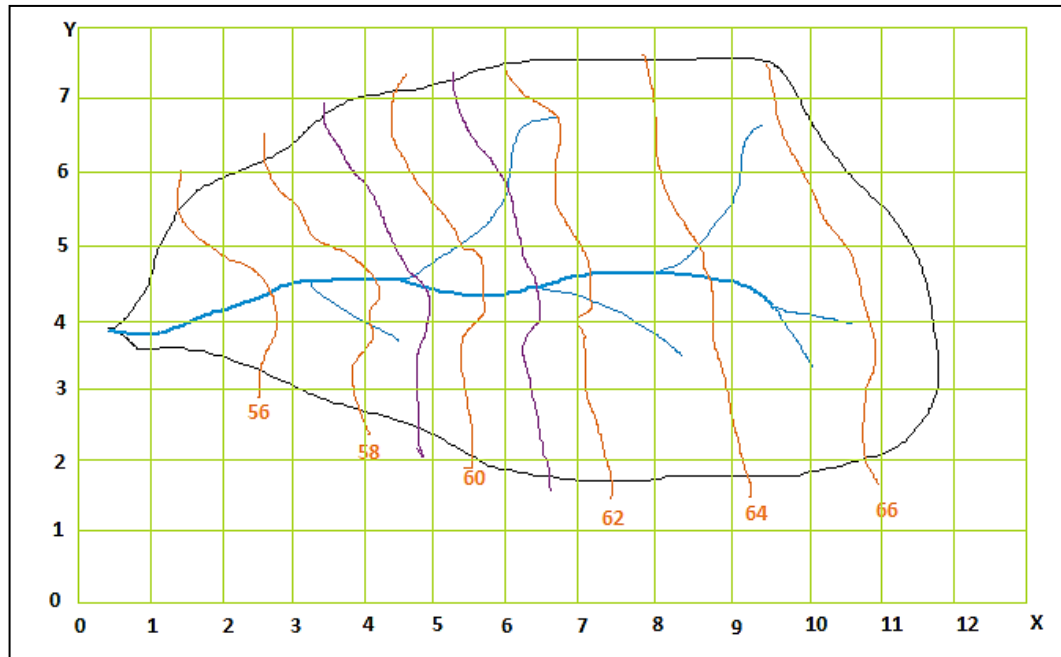


Figura 4. Criterio de Horton.

Horton (1932) la pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se calcula así:

$$S_x = \frac{N_x * D_e}{L_x}$$

$$S_y = \frac{N_y * D_e}{L_y}$$

Donde:

L_x = Longitud total de líneas de la malla en sentido x, dentro de la cuenca;

L_y = longitud total de líneas de la malla en sentido y, dentro de la cuenca;

N_x = número total de intersecciones y tangencias de líneas de la malla con curvas de nivel, en el sentido x.

N_y = número total de intersecciones y tangencias de líneas de la malla con curvas de nivel, en el sentido y.

S_x, S_y = pendiente adimensional de la cuenca en cada una de las direcciones de la malla de cuadrados.

D_e = desnivel constante entre las curvas de nivel de la cuenca, en Km.

Horton considera que la pendiente media puede determinarse como:

$$Sc = \frac{N * D_e * \sec \emptyset}{L}$$

Donde:

$$N = N_x + N_y$$

$$L = L_x + L_y$$

\emptyset = ángulo dominante entre las líneas de malla y curvas de nivel.

Como resulta laborioso determinar la $\sec \emptyset$ de cada intersección, en la práctica y para propósitos de comparación es igualmente eficaz ignorar el término $\sec \emptyset$ (aceptarlo como = 1) o bien considerar el promedio aritmético o geométrico de las pendientes S_x, S_y como pendiente de la cuenca.

Donde:

Promedio aritmético: $Sc = \frac{S_x + S_y}{2}$

Promedio geométrico: $Sc = \sqrt{S_x * S_y}$

Clasificación de pendientes en una cuenca

El valor de la pendiente permite clasificar el relieve o topografía del terreno según la Tabla 5.

Tabla 5

Clasificación de pendiente de cuencas

Pendiente (%)	Tipo de terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Curva hipsométrica

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca; es decir la curva hipsométrica indica el porcentaje de área de la cuenca o superficie de la cuenca en km^2 que existe por encima de una cota determinada, representado en coordenadas rectangulares (Villón, 2002).

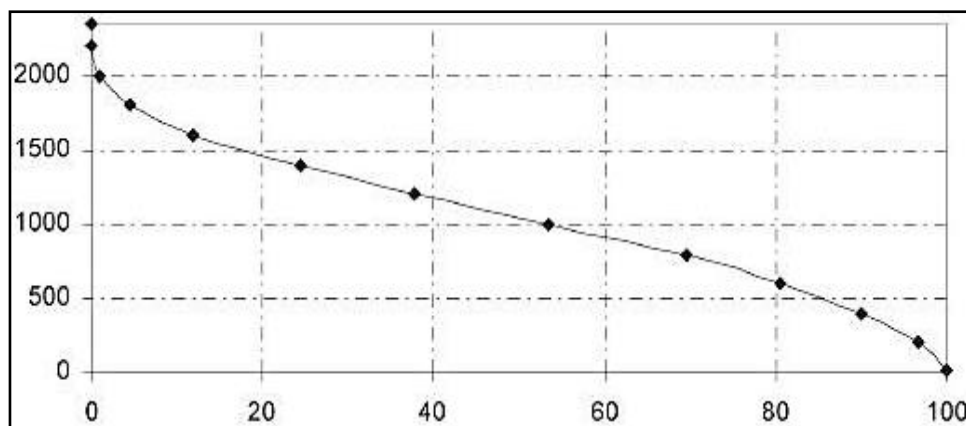


Figura 5: Ejemplo de curva hipsométrica.

Construcción de curva hipsométrica

Para construir la curva hipsométrica se utiliza un mapa con curvas de nivel, el proceso es como sigue: se marcan subáreas de la cuenca siguiendo las curvas de nivel, por ejemplo, de 100 en 100m, con el planímetro o software adecuado (AutoCad, Idrisi, Iris, Arce Gis, etc.), se determinan las áreas parciales de esos contornos, se determinan las áreas acumuladas, de las porciones de la cuenca, se determina el área acumulada que queda sobre cada altitud del contorno, se plotean las altitudes, versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre esas altitudes (**Terán, 2017**).

Utilidad de la curva hipsométrica

De la curva hipsométrica se puede extraer una importante relación, como es la relación hipsométrica (RH):

$$R_H = A_s / (Ab_i)$$

Dónde:

As: área sobre la curva hipsométrica.

Ab: área bajo la curva hipsométrica.

La importancia de esta relación hipsométrica reside en que es un indicador del estado de equilibrio dinámico de la cuenca. Así, cuando $RH=1$, se trata de una cuenca en equilibrio morfológico.

La siguiente figura muestra tres curvas hipsométricas correspondientes a tres cuencas hipotéticas, que tienen potenciales evolutivos distintos. La curva superior (A) refleja una cuenca con un gran potencial erosivo; la curva intermedia (B) es característica

de una cuenca en equilibrio; y la curva inferior (C) es típica de una cuenca sedimentaria.

Quedando así, representan distintas fases de la vida de los ríos:

Curva A: Cuenca en fase juventud

Curva B: Cuenca en fase madurez

Curva C: Cuenca en fase de vejez

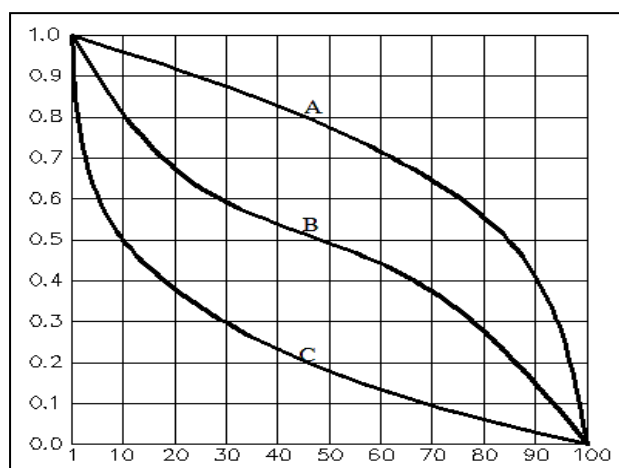


Figura 6. Características de las curvas hipsométricas en ciclo erosivo.

Los parámetros de relieve tienen una importancia significativa, porque determinan los principales fenómenos que pueden ocurrir en una cuenca y nos ayudan a la mejor toma de decisiones (Terán, 2017).

Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca

La red hidrográfica corresponde al drenaje natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales, hipodérmicos y subterráneos de la cuenca.

Número de orden de un cauce

Es un número que refleja el grado de ramificación de la red de drenaje. Existen diversos criterios para el ordenamiento de los cauces de la red de drenaje en una cuenca hidrográfica; según:

El sistema de Horton. Este sistema comprende: los cauces de primer orden (1) son aquellos que no poseen tributarios, los cauces de segundo orden (2) tienen afluentes de primer orden, los cauces de tercer orden (3) reciben influencia de cauces de segundo orden, pudiendo recibir directamente cauces de primer orden, un canal de orden n puede recibir tributarios de orden $n-1$ hasta 1.

Esto implica atribuir mayor orden al río principal, considerando esta designación en toda su longitud, desde la salida de la cuenca hasta sus nacientes.

El sistema de Strahler

Para evitar la subjetividad de la designación en las nacientes determina que: todos los cauces serán tributarios, aun cuando las nacientes sean ríos principales, el río en este sistema no mantiene el mismo orden en toda su extensión, el orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal.

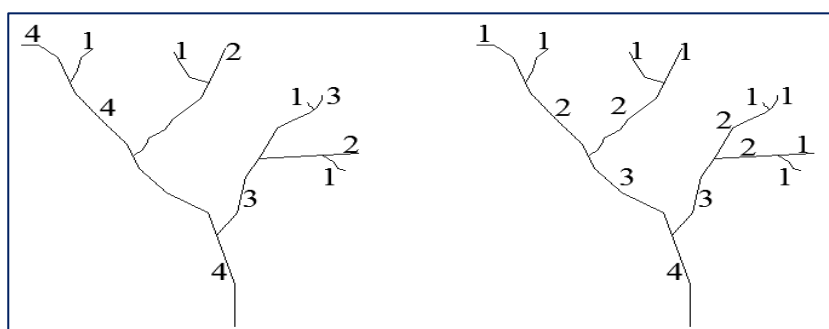


Figura 7. Esquema del número de orden de un río según Horton y Strahler.

El sistema Pfafstetter.

Sistema desarrollado por el Ing. Otto Pfafstetter en 1989, fue adoptado como estándar internacional en 1997 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), es una metodología que consiste en asignar Ids a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie del terreno, el sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de ríos (confluencias), el nivel 1 corresponde a la escala continental de unidades de drenaje, los niveles siguientes (2, 3, 4, etc.) representan mosaicos cada vez más finos de la superficie del terreno en unidades de drenaje más pequeñas, los cuales son subunidades de niveles inferiores de la red de drenaje, a cada unidad hidrográfica se le asigna un específico código Pfafstetter, basado en su ubicación dentro del sistema total de drenaje que ocupa. ¿Por qué se debe usar? Hidrológicamente ordenado, provee una única identificación a cada cuenca eficiencia de dígitos, Las unidades de drenaje son divididas en 3 tipos: cuencas, intercuencas y cuencas internas. Una cuenca Pfafstetter es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área. Una intercuenca Pfafstetter es un área que recibe drenaje de otras unidades aguas arriba. Y una cuenca interna es un área de drenaje que no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua, tales como un océano o lago.

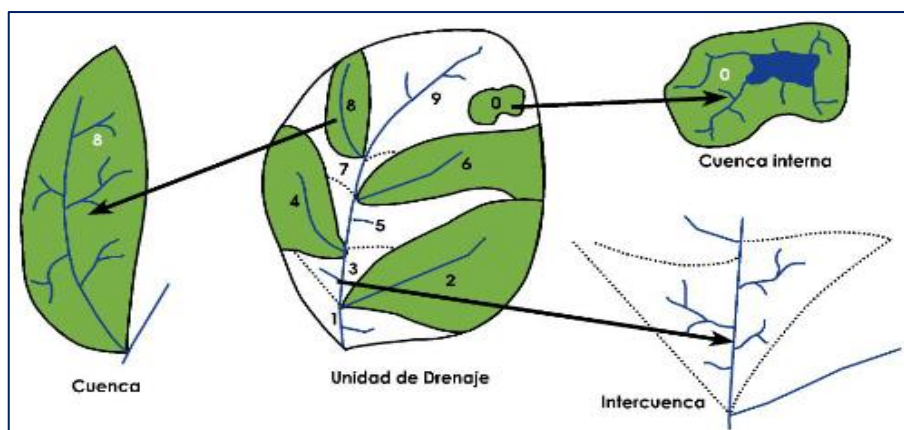


Figura 8. Unidades de drenaje.

En este método la importancia de cualquier río está relacionada con el área de su cuenca hidrográfica. Se hace una distinción entre río principal y tributario, en función del criterio del área drenada. Así, en cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre los dos. Se denomina cuencas las áreas drenadas por los tributarios e intercuenas las áreas restantes drenadas por el río principal. El proceso de codificación consiste en: subdividir una cuenca hidrográfica, cualquiera que sea su tamaño, determinándose los cuatro mayores afluentes del río principal, en términos de área de sus cuencas hidrográficas. Las cuencas correspondientes a esos tributarios son enumeradas con los dígitos pares (2, 4, 6 y 8), en el sentido desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Los otros tributarios del río principal son agrupados en las áreas restantes, denominadas intercuenas, que reciben, en el mismo sentido, los dígitos impares (1, 3, 5, 7 y 9).

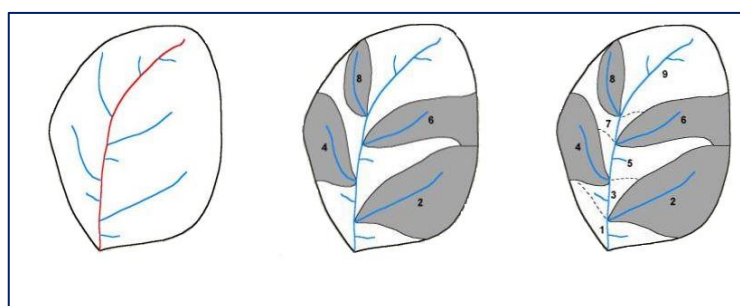


Figura 9. Cuencas principales.

Cada una de esas cuencas e intercuenas, resultantes de esa primera subdivisión, pueden ser subdivididas de la misma manera, de modo que la subdivisión de la cuenca 8 genera las cuencas 82, 84, 86 y 88 y las intercuenas 81, 83, 85, 87 y 89. El mismo proceso se aplica a las intercuenas resultantes de la primera división, de

modo que la intercuenca 3, por ejemplo, se subdivide en las cuencas 32, 34, 36 y 38, y en las intercuenas 31, 33, 35, 37 y 39. Los dígitos de la subdivisión son simplemente agregados al código de la cuenca (o intercuenca) que está siendo dividida.

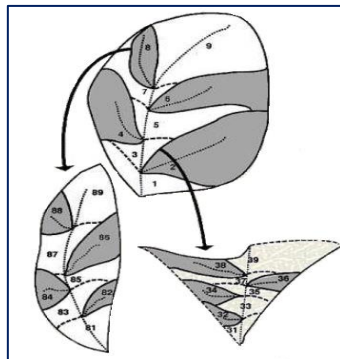


Figura 10. Subdivisión interior.

Una complicación puede aparecer en que las dos unidades finales y más altas del río principal, son cuencas. En este caso la unidad que presente mayor área de drenaje es asignado el código “9” y la otra, más pequeña, el código “8”.

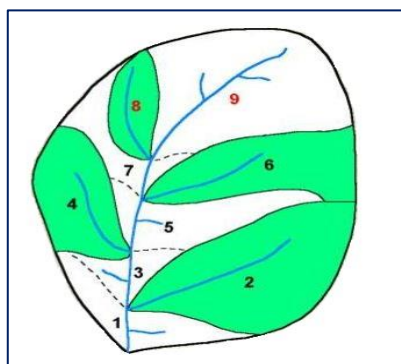


Figura 11. Asignación de código 9.

Si un área contiene cuencas internas, la cuenca interna más grande es asignado código “0” y las otras cuencas internas son incorporadas a las cuencas o intercuenas aledañas.

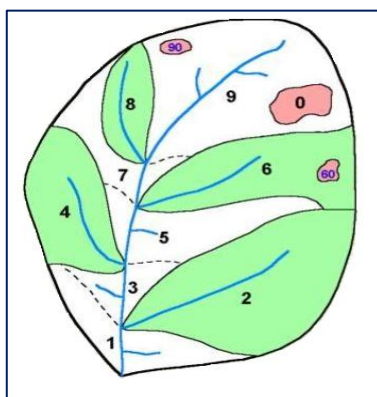


Figura 12. Cuencas interiores.

Para regiones costeras, el sistema Pfafstetter considera que el sentido de la codificación será horario, de tal manera, que las vertientes cuyas aguas desemboken en un mar oriental, serán codificadas de norte a sur; para el caso de una vertiente cuyas aguas desemboken en un mar occidental, como es el caso de la vertiente peruana del Pacífico, las cuencas serán codificadas de sur a norte. Para ambos casos se seguirá con el mismo criterio de seleccionar las cuatro cuencas de mayor área de drenaje, quedando las cuencas restantes como intercuenas, y así sucesivamente, las subdivisiones seguirán con el mismo criterio.

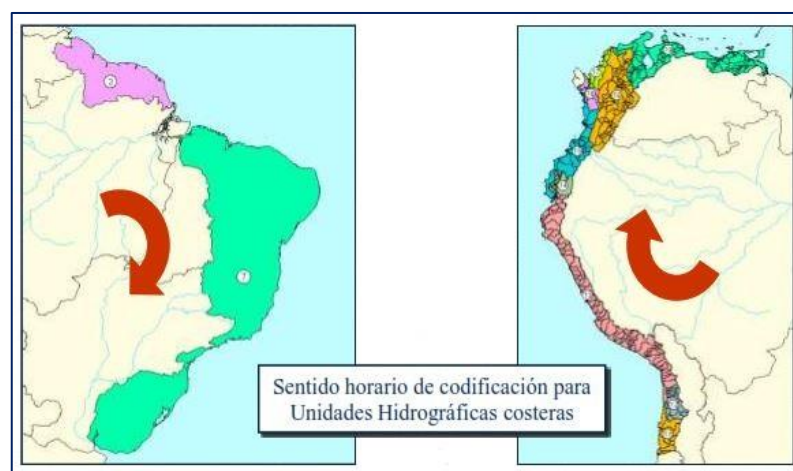


Figura 13. Sentido de enumeración.

Todos estos procedimientos hacen resumen a la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas (Aguirre, 2005).

Longitud promedio de flujo superficial

Se define como la distancia media que el agua debería escurrir sobre la cuenca para llegar a un cauce y se estima por la relación que existe entre el área y 4 veces la longitud de todos los cauces de la cuenca, o bien, la inversa de 4 veces la densidad de drenaje (Villón, 2002).

$$L_0 = \frac{A}{4 \sum L_i} = \frac{1}{4Dd}$$

Pendiente del cauce principal

Se pueden definir varias pendientes del cauce principal, la pendiente media, la pendiente media ponderada y la pendiente equivalente (Villón, 2002).

La pendiente media (S_m): relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, H_{\max} menos cota mínima, H_{\min}) y la longitud del mismo, L (Villón, 2002).

$$S_m = (H_{\max} - H_{\min})/L$$

La pendiente media ponderada (S_{mp}): pendiente de la hipotenusa de un triángulo cuyo vértice se encuentra en el punto de salida de la cuenca y cuya área es igual a la comprendida por el perfil longitudinal del río hasta la cota mínima del cauce principal, como se indica en la figura 14 (Villón, 2002).

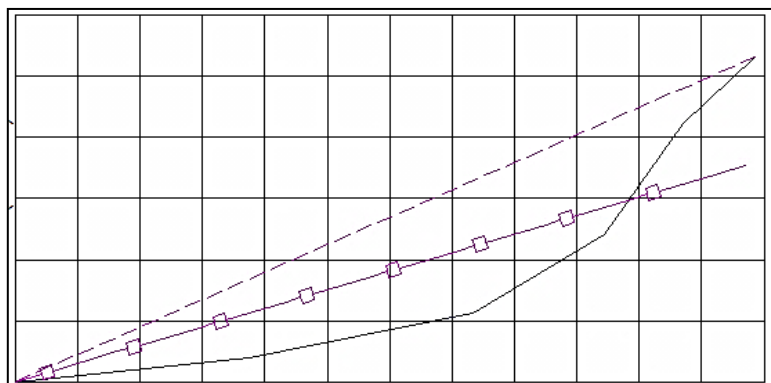


Figura 14. Pendiente media y pendiente media ponderada de un cauce.

Clasificación de pendiente en el cauce principal. La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos. De acuerdo al valor de la pendiente, se puede clasificar la topografía del terreno de la siguiente manera:

Tabla 6

Clasificación de pendiente en el cauce principal.

Pendiente (%)	Tipo de terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

La pendiente del cauce principal está influenciada por el tipo de terreno y por las cotas que tenga en el trayecto (Terán, 2017).

- **Periodo de retorno (T)**

Periodo de retorno es uno de los parámetros más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas, como, por ejemplo: el vertedero de una presa, los diques para control de inundaciones; o una obra que requiera cruzar un río o arroyo con seguridad, como puede ser un puente.

El periodo de retorno se define como el intervalo de recurrencia (T), al lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. Este periodo se considera como el inverso de la probabilidad, del m-ésimo evento de los n registros.

El valor del periodo de retorno se determina en función de la posición de la variable aleatoria ($P_{m\acute{a}x}$ o $Q_{m\acute{a}x}$ en su caso) en una tabla de valores, ordenados de mayor a menor, con base en las siguientes relaciones:

$$T = \frac{n+1}{m} \quad y \quad P = \frac{m}{n+1}$$

Donde:

T= Periodo de retorno (años).

n= Número de años de registro.

m= Número de orden.

P= Probabilidad.

El periodo de retorno para el que se debe dimensionar una obra varía en función de la importancia de la misma (interés económico, socio-económico, estratégico, turístico), de la existencia de otras vías alternativas capaces de remplazarla, y de los daños que implicaría su ruptura: pérdida de vidas humanas, costo de duración de la reconstrucción, costo del no funcionamiento de la obra, etc (**Martínez, Fernández y Salas, 2015**).

1.3.3. Definición de términos

Agua apta para consumo humano. Se considera agua apta para consumo humano, toda aquella que no dañe la salud de las personas, y puede provenir de fuentes naturales o

haber sido tratada específicamente para uso humano (**Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2012**).

Agua potable. Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (**Norma OS-050, 2005**).

Ciclo hidrológico. Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos (**Villón, 2002**).

Cuenca hidrológica. Es el área de terreno donde las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido (**Villón, 2002**).

Gestión de cuencas. La gestión de los recursos hídricos a nivel de cuenca fluvial y de manera coordinada tiene su razón de ser, ya que el agua se utiliza generalmente más de una vez en su transcurso desde los niveles altos hasta la desembocadura. La demanda de agua para actividades humanas debe ser gestionada también en el marco de una cuenca, y de manera integrada (**OMM, 2011**).

Gestión integrada de los recursos hídricos. Puede interpretarse en tres niveles diferentes. En primer lugar, atendiendo a una consideración sistemática de las distintas dimensiones del agua: superficial y subterránea, y cuantitativa y cualitativa. El aspecto clave radica en que el agua representa un sistema ecológico que contiene partes interrelacionadas. Cada una de ellas puede influir y ser influida por otras, por lo que su planificación y gestión han de tomar en consideración esas interrelaciones (**OMM, 2011**).

Microcuenca. Es una pequeña cuenca de primer o segundo orden, donde vive un cierto número de familias (comunidad) utilizando y manejando los recursos del área, principalmente el suelo, agua, vegetación –incluyendo cultivos y vegetación nativa– y fauna, incluyendo animales domésticos y silvestres (**Moreno y Renner, 2007**).

Precipitación. Es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua (**Villón, 2002**).

Principio de gestión integrada participativa por cuenca hidrográfica. El uso del agua debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica y con participación activa de la población organizada. El agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico (**Ley general de Recursos Hídricos N° 29338, 2009**).

Principio de sostenibilidad. El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran. El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones (**Ley general de Recursos Hídricos N° 29338, 2009**).

Uso poblacional del agua. El uso poblacional consiste en la extracción del agua de una fuente a través de un sistema de captación, tratamiento y distribución, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: preparación de alimentos y hábitos de aseo personal (**Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, 2010**).

1.4. Variables

Variable independiente: El balance hídrico y calidad de agua de la microcuenca quebrada Santa Clara.

Variable dependiente: El consumo humano de la localidad Santa Clara.

1.5. Hipótesis

H₁: El balance hídrico y la calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara es óptimo para el consumo humano de la localidad Santa Clara.

H₀: El balance hídrico y la calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara no es óptimo para el consumo humano de la localidad. Santa Clara.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo de investigación

De acuerdo a la orientación: Aplicada

De acuerdo a la técnica de contrastación: Descriptiva

2.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de carácter no experimental, porque se refiere a una investigación en la que no hay manipulación de alguna variable, es decir lo que se hace es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

2.3. Población y muestra

Población: Microcuenca Santa Clara.

Muestra: Punto de captación de la microcuenca quebrada Santa Clara.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para medir los parámetros de la calidad del agua y determinar el balance hídrico de la microcuenca, se utilizó un paquete de medición de calidad de agua que consta de frascos para tomar muestras de agua con su respectivo cooler e icepack. Además, para determinar la oferta, demanda y disponibilidad hídrica, se aplicó modelos hidrológicos determinantes, la metodología fue la siguiente:

Se realizó el aforo respectivo a la microcuenca por el método del flotador en el punto de captación.

Se tomó las muestras de agua correspondientes en el punto de captación y se obtuvo resultados de análisis de laboratorio.

Se recopiló información de las características del área de estudio, se georreferenció el punto de captación.

Se obtuvo datos históricos de precipitación (30 años) del SENAMHI para luego generar los caudales.

Se descargó información de Modelos de Elevación Digital (DEM) del área de estudio, con una resolución por pixel de 30mx30m de la plataforma Aster Global DEM del USGS Earth Explorer.

Para el cálculo de la demanda hídrica se utilizaron los siguientes elementos: población actual, dotación, coeficiente de máxima variación diaria, coeficiente de máxima variación horaria, pérdidas del sistema, densidad poblacional, tasa de crecimiento, viviendas empadronadas de trabajo en campo, estos datos se obtuvieron del expediente técnico con código SNIP 385170.

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó los datos recolectados de la Municipalidad Distrital de Alonso de Alvarado para poder calcular el caudal promedio y el caudal de consumo poblacional proyectado (20 años).

Se procesó el archivo de Modelo de Elevación Digital (DEM) mediante el software ArcMap, se delimitó la microcuenca quebrada Santa Clara, se delimitó el área de estudio a partir del punto de captación, se procedió a realizar el cálculo de algunos de los parámetros geomorfológicos y se elaboró los planos respectivos.

Se hizo tratamiento de los datos históricos de precipitación calculando e identificando las precipitaciones medias mensuales, máximas mensuales, mínimas mensuales, medias anuales, máximas anuales, mínimas mensuales y la precipitación acumulada anual.

A partir de los datos de precipitación mínima, media y máxima anual y con los datos de área en m^2 y el coeficiente de escorrentía, se procedió a calcular los caudales teóricos (L/s) mínimos, medios y máximos anuales en litros por segundo por un periodo de 30 años.

Se calculó la curva de precipitación mensual con datos históricos mensualizados de precipitación mínima, media y máxima.

Se calculó los caudales máximos con la precipitación máxima anual, caudales medios con la precipitación media anual y caudal mínimo con la precipitación mínima del área delimitada a partir del punto de captación (m^3/s).

Se calculó los caudales mensualizados y se procedió a realizar la curva de caudal mensual del curso principal (m^3/s).

Se procedió a realizar el cálculo del caudal efectivo (m^3/mes).

Se calculó el periodo de retorno y probabilidad a partir de caudales máximos (L/s) y se graficó el caudal de ocurrencia.

Se hizo el cálculo de pérdidas (m^3/s) entre el caudal teórico y el caudal real, y se graficó la comparación de caudales.

Se realizó el balance hídrico mensualizado con el caudal mínimo, medio y máximo y la demanda hídrica (m^3/s), se calculó el porcentaje de excedencia y se graficó de manera individual.

Se realizó el balance hídrico anual con el caudal mínimo, medio y máximo y la demanda hídrica (m^3/s), se calculó el porcentaje de excedencia por el tiempo de vida útil del proyecto y se graficó de manera individual.

Se hizo la evaluación de la disponibilidad hídrica ($\text{m}^3/\text{año}$) con caudales mínimos, medios y máximos, demanda uso de terceros y caudal ecológico para determinar la acreditación de agua para el proyecto y se graficó para cada caso.

Para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara se utilizaron los resultados de los datos de análisis de laboratorio, las cuales, se compararon con los ECA's del agua para uso poblacional y se determinó el tipo de tratamiento de potabilización del agua.

Para procesar la información recopilada y generada se hizo uso de cuadros y gráficos comparativos y los programas informáticos Microsoft Office.

2.6. Macrolocalización del proyecto

La microcuenca de la quebrada Santa Clara se ubica en el distrito de Alonso de Alvarado, provincia de Lamas, departamento de San Martín, a una altitud de 1151.91 m.s.n.m. geográficamente, se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM Este (X): 306083, Norte (Y): 9300987.

La microcuenca de la quebrada de Santa Clara, que pertenece a la parte baja de la unidad hidrográfica de la cuenca del río Mayo. La microcuenca de la quebrada de Santa Clara actúa como un sistema natural de drenaje de las aguas lluvias y las características que posee, establecen el comportamiento y la forma de cómo se realiza dicho drenaje. Por tanto, entre el comportamiento hidrológico y las características fisiográficas de la microcuenca existe una relación directa.

La ubicación se detalla en el Anexo 1. Ubicación por Unidad Hidrográfica.

Tabla 7

Ubicación de la localidad Santa Clara.

Región	San Martín	
Provincia	Lamas	
Distrito	Alonso de Alvarado	
Centro poblado	San Juan de Pacayzapa	Santa Clara
Código de ubigeo	220502	220502
Región geográfica	Selva	
Este	305376	
Norte	9303360	
Altitud	1000.00 m.s.n.m.	

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Del primer objetivo específico: Calcular la demanda hídrica de la localidad Santa Clara y la oferta hídrica de la microcuenca quebrada Santa Clara.

Datos:

Población actual : 121 hab.

Tabla 8

Instituciones Públicas.

Instituciones Públicas	Nº	Cantidad	Docentes	Parcial	Dotación
I.E. Primaria	1	-	-	-	20
Otras instituciones	1	3		3	150

Tabla 9

Información para caudales de diseño.

Dotación	Dot.	150
Coefficiente de máxima variación diaria	K1	1.3
Coefficiente de máxima variación Horaria	K2	2
Perdidas en el sistema	% P	20%

Tabla 10

Información Censal.

Población beneficiaria actual	Viviendas empadronadas	Densidad poblacional	Tasa de crecimiento
121	34	3.56	1.16%

Fuente: Expediente técnico, código SNIP 385170.

Tabla 11*Cálculo de la población futura con el método aritmético.*

Año	Tiempo	Población
2017	Base	121
2018	0	122
2019	1	124
2020	2	125
2021	3	127
2022	4	128
2023	5	129
2024	6	131
2025	7	132
2026	8	134
2027	9	135
2028	10	136
2029	11	138
2030	12	139
2031	13	141
2032	14	142
2033	15	143
2034	16	145
2035	17	146
2036	18	148
2037	19	149
2038	20	150

Tabla 12*Demanda anual proyectada del consumo de agua potable.*

Año	Consumo de Agua Potable				Demanda de Producción			Demanda Máxima Diaria	Demanda Máxima Horaria	Volumen de Almacenamiento
	Consumo (L/día)									
	Por conexión	L/día	m³/año	L/s	L/día	m³/año	L/s	L/s	L/s	m³
2,018	24,953	24,953	9,108	0.29	24,953	9,108	0.29	0.38	0.58	6.24
2,019	25,216	25,216	9,204	0.29	25,216	9,204	0.29	0.38	0.58	6.30
2,020	25,479	25,479	9,300	0.29	25,479	9,300	0.29	0.38	0.59	6.37
2,021	25,742	25,742	9,396	0.30	25,742	9,396	0.30	0.39	0.60	6.44
2,022	26,005	26,005	9,492	0.30	26,005	9,492	0.30	0.39	0.60	6.50
2,023	26,268	26,268	9,588	0.30	26,268	9,588	0.30	0.40	0.61	6.57
2,024	26,532	26,532	9,684	0.31	26,532	9,684	0.31	0.40	0.61	6.63
2,025	26,795	26,795	9,780	0.31	26,795	9,780	0.31	0.40	0.62	6.70
2,026	27,058	27,058	9,876	0.31	27,058	9,876	0.31	0.41	0.63	6.76

2,027	27,321	27,321	9,972	0.32	27,321	9,972	0.32	0.41	0.63	6.83
2,028	27,584	27,584	10,068	0.32	27,584	10,068	0.32	0.42	0.64	6.90
2,029	27,847	27,847	10,164	0.32	27,847	10,164	0.32	0.42	0.64	6.96
2,030	28,111	28,111	10,260	0.33	28,111	10,260	0.33	0.42	0.65	7.03
2,031	28,374	28,374	10,356	0.33	28,374	10,356	0.33	0.43	0.66	7.09
2,032	28,637	28,637	10,452	0.33	28,637	10,452	0.33	0.43	0.66	7.16
2,033	28,900	28,900	10,549	0.33	28,900	10,549	0.33	0.43	0.67	7.23
2,034	29,163	29,163	10,645	0.34	29,163	10,645	0.34	0.44	0.68	7.29
2,035	29,426	29,426	10,741	0.34	29,426	10,741	0.34	0.44	0.68	7.36
2,036	29,690	29,690	10,837	0.34	29,690	10,837	0.34	0.45	0.69	7.42
2,037	29,953	29,953	10,933	0.35	29,953	10,933	0.35	0.45	0.69	7.49
2,038	30,216	30,216	11,029	0.35	30,216	11,029	0.35	0.45	0.70	7.55

Tabla 13*Demanda de consumo de agua potable en m³/s.*

Periodo	Año	Demanda total de agua			
		m ³ /mes	m ³ /año	m ³ /s	L/s
0	2018	758.97	9107.67	0.00029	0.29
1	2019	766.98	9203.73	0.00029	0.29
2	2020	774.98	9299.79	0.00029	0.29
3	2021	782.99	9395.84	0.00030	0.30
4	2022	790.99	9491.90	0.00030	0.30
5	2023	799.00	9587.96	0.00030	0.30
6	2024	807.00	9684.02	0.00031	0.31
7	2025	815.01	9780.08	0.00031	0.31
8	2026	823.01	9876.14	0.00031	0.31
9	2027	831.02	9972.20	0.00032	0.32
10	2028	839.02	10068.26	0.00032	0.32
11	2029	847.03	10164.31	0.00032	0.32
12	2030	855.03	10260.37	0.00033	0.33
13	2031	863.04	10356.43	0.00033	0.33
14	2032	871.04	10452.49	0.00033	0.33
15	2033	879.05	10548.55	0.00033	0.33
16	2034	887.05	10644.61	0.00034	0.34
17	2035	895.06	10740.67	0.00034	0.34
18	2036	903.06	10836.73	0.00034	0.34
19	2037	911.07	10932.79	0.00035	0.35
20	2038	919.07	11028.84	0.00035	0.35

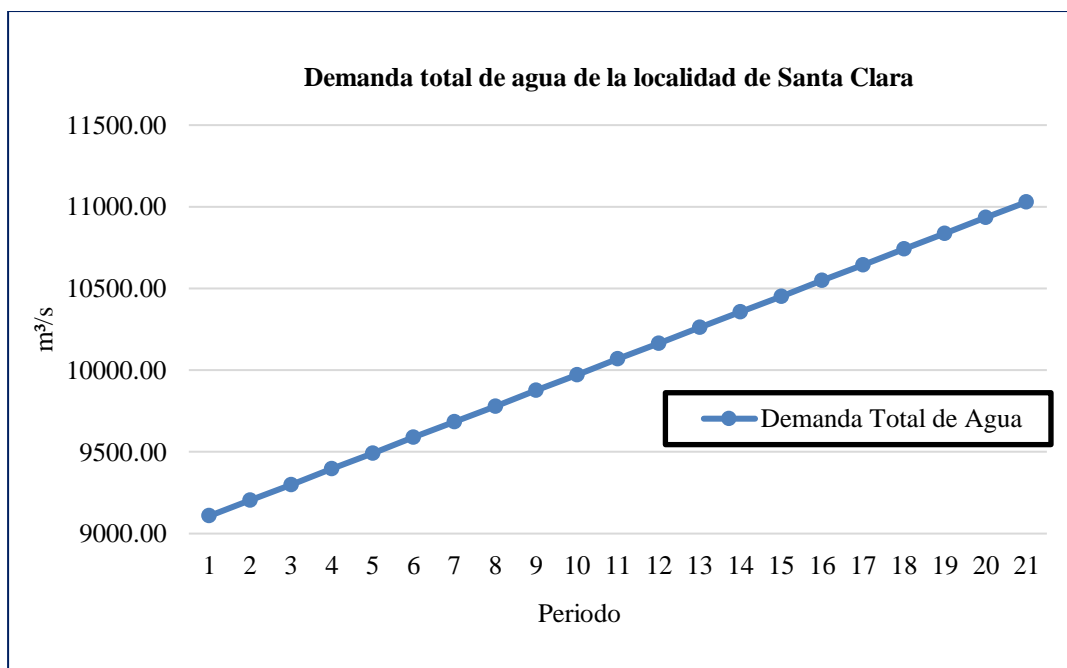


Figura 15. Demanda Total de Agua de la Localidad de Santa Clara.

Para los cálculos de la demanda hídrica se obtuvo datos acerca de la población actual, la densidad poblacional, viviendas empadronadas en trabajo de campo y la tasa de crecimiento del expediente técnico con código SNIP 385170. En la figura 15 se visualiza que el consumo de agua en m³/s desde el año 2018 hasta el año 2038 se da de forma ascendente debido a que la población va aumentando al pasar de los años.

El área de la microcuenca es 1721886.96 m² (área delimitada a partir del punto de captación) y el coeficiente de escorrentía es (Ce) 0.55.

Tabla 14

Estaciones meteorológicas consideradas para el polígono de Thiessen

ID	X	Y	Nombre	Estación	Altitud
1	289406.79	9323666.26	Jepelacio	153300	1000
2	295224.32	9305161.55	Pacayzapa	110127	900
3	321774.58	9290332.39	Tabalosos	000322	480
4	323148.49	9288703.30	Shanao	153328	300
5	308707.06	9279104.09	Alao	003308	420
6	332202.02	9289814.16	Lamas	000383	790

Tabla 15*Datos históricos de precipitación de la estación meteorológica Pacayzapa.*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio anual	Min	Max	Pp total acumulado (mm/año)
1983	89.80	77.90	104.00	65.80	77.60	26.90	32.90	59.50	108.70	59.50	70.40	96.70	72.48	26.90	108.70	869.70
1984	107.10	199.30	168.90	216.00	145.30	157.90	43.50	30.90	27.90	43.80	26.90	21.70	99.10	26.90	216.00	1189.20
1985	33.30	19.80	69.40	74.50	126.20	107.00	80.70	72.70	47.50	29.90	24.90	29.20	59.59	19.80	126.20	715.10
1986	17.90	67.40	138.80	182.80	172.10	47.10	69.40	63.40	121.80	44.50	43.80	101.60	89.22	17.90	182.80	1070.60
1987	88.60	175.30	141.40	191.60	143.80	74.10	49.10	29.20	23.90	46.80	61.10	115.20	95.01	23.90	191.60	1140.10
1988	64.40	60.10	74.90	112.90	119.20	71.10	35.20	55.30	23.20	106.00	115.90	53.00	74.27	23.20	119.20	891.20
1989	131.00	155.00	139.00	130.00	94.00	108.00	72.00	48.00	86.00	129.00	55.00	14.00	96.75	48.00	155.00	1161.00
1990	109.00	118.00	163.00	145.00	112.00	135.00	101.00	45.00	106.00	169.00	97.00	70.00	114.17	45.00	169.00	1370.00
1991	145.00	140.00	174.00	165.00	213.00	128.00	32.00	42.00	42.00	178.00	120.00	29.70	117.39	32.00	213.00	1408.70
1992	140.00	130.50	147.00	91.50	82.80	74.00	121.50	189.00	78.00	100.00	86.00	150.00	115.86	74.00	189.00	1390.30
1993	136.00	184.00	375.00	234.00	158.00	122.00	84.00	90.00	134.00	223.00	171.00	159.00	172.50	84.00	375.00	2070.00
1994	64.10	90.00	216.20	227.00	91.10	176.00	161.00	47.10	141.10	206.10	146.60	179.00	145.44	47.10	227.00	1745.30
1995	65.00	84.00	193.00	93.00	105.50	132.00	100.00	91.00	201.00	86.00	132.00	187.00	122.46	65.00	201.00	1469.50
1996	83.00	166.00	205.00	184.00	81.00	100.00	58.00	142.80	117.00	234.00	135.00	168.00	139.48	58.00	234.00	1673.80
1997	42.00	281.00	178.00	223.00	212.00	33.00	29.00	112.00	175.00	65.00	130.00	100.00	131.67	29.00	281.00	1580.00
1998	82.00	88.00	223.00	318.00	155.00	103.00	21.00	41.00	123.40	175.00	67.60	101.10	124.84	21.00	318.00	1498.10
1999	195.80	183.90	122.70	216.00	244.70	201.10	120.20	63.80	102.90	185.80	199.10	148.60	165.38	63.80	244.70	1984.60
2000	115.70	202.50	94.60	168.30	96.10	145.70	106.10	137.70	164.30	91.00	48.20	206.70	131.41	48.20	206.70	1576.90
2001	73.80	110.00	283.10	297.70	190.70	91.60	157.70	57.50	100.20	218.60	82.10	321.40	165.37	57.50	321.40	1984.40
2002	111.00	99.00	77.30	260.80	168.30	79.20	254.40	66.30	144.80	193.30	140.90	57.60	137.74	66.30	260.80	1652.90
2003	102.70	80.20	205.10	157.30	121.40	148.70	111.90	106.90	158.00	141.10	107.20	220.10	138.38	80.20	220.10	1660.60
2004	56.20	161.40	138.00	111.90	224.10	127.10	108.80	127.10	143.00	117.90	137.00	85.40	128.16	56.20	224.10	1537.90
2005	110.60	220.30	133.60	241.20	109.60	112.70	111.10	63.40	126.20	179.60	224.70	89.10	143.51	63.40	241.20	1722.10
2006	124.10	122.70	168.80	103.70	60.50	96.40	84.40	35.60	157.70	81.00	210.10	67.80	109.40	35.60	210.10	1312.80
2007	108.70	53.70	196.90	175.20	168.40	25.10	71.80	132.30	176.90	228.40	222.10	42.00	133.46	25.10	228.40	1601.50
2008	137.40	223.70	298.00	251.60	104.00	141.20	75.70	25.20	201.50	89.70	111.50	62.30	143.48	25.20	298.00	1721.80
2009	271.00	159.90	272.20	383.00	93.80	162.80	93.20	115.00	167.60	96.10	88.20	49.00	162.65	88.20	383.00	1951.80
2010	24.80	181.50	140.00	148.90	186.60	57.50	77.80	74.40	149.90	93.00	205.50	143.90	123.65	24.80	205.50	1483.80
2011	63.10	92.30	227.10	123.10	114.50	136.80	93.70	72.00	80.00	109.10	191.00	293.90	133.05	63.10	293.90	1596.60
2012	159.90	111.10	266.90	274.30	199.40	124.90	101.60	50.20	112.90	200.70	124.00	164.17	157.51	50.20	274.30	1890.07
Media	101.77	134.62	177.83	185.57	139.02	108.20	88.62	76.21	118.08	130.70	119.16	117.57	124.78	46.32	230.62	1497.35
Max	271.00	281.00	375.00	383.00	244.70	201.10	254.40	189.00	201.50	234.00	224.70	321.40	172.50	88.20	383.00	2070.00
Min	17.90	19.80	69.40	65.80	60.50	25.10	21.00	25.20	23.20	29.90	24.90	14.00	59.59	17.90	108.70	715.10
Varianza	2642.39	3478.75	4926.91	5685.27	2378.95	1889.66	2165.71	1556.91	2439.90	3875.51	3285.66	5779.05	788.15	434.02	4353.36	113494.24
Des. Stan.	51.40	58.98	70.19	75.40	48.77	43.47	46.54	39.46	49.40	62.25	57.32	76.02	28.07	20.83	65.98	336.89

Tabla 16*Precipitaciones mensuales máximas, promedias y mínimas*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Media	101.77	134.62	177.83	185.57	139.02	108.20	88.62	76.21	118.08	130.70	119.16	117.57
Max	271.00	281.00	375.00	383.00	244.70	201.10	254.40	189.00	201.50	234.00	224.70	321.40
Min	17.90	19.80	69.40	65.80	60.50	25.10	21.00	25.20	23.20	29.90	24.90	14.00

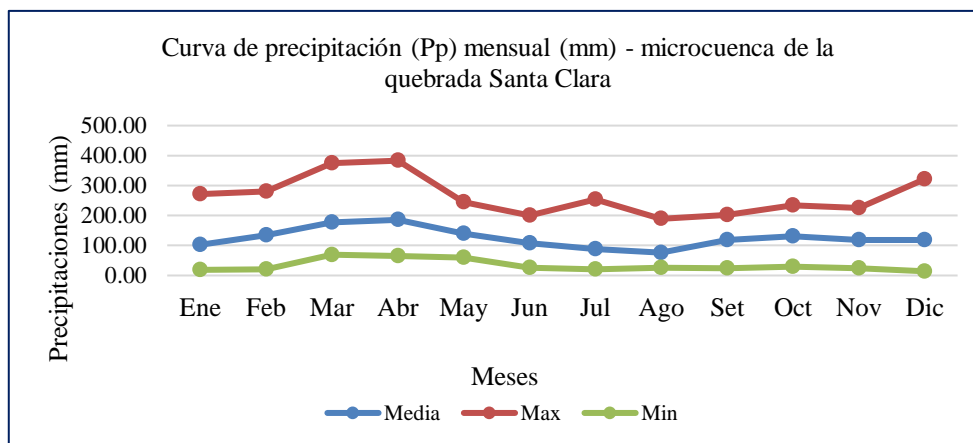
*Figura 16. Curva de precipitación mensual.*

Tabla 17*Caudales anuales.*

Año	Pp Anual (mm)/mes			Caudales (L/s)		
	Min	Promedio	Max	Min	Promedio	Max
1983	26.9	72.5	108.7	9.83	26.48	39.72
1984	26.9	99.1	216.0	9.83	36.21	78.92
1985	19.8	59.6	126.2	7.23	21.77	46.11
1986	17.9	89.2	182.8	6.54	32.60	66.79
1987	23.9	95.0	191.6	8.73	34.71	70.00
1988	23.2	74.3	119.2	8.48	27.13	43.55
1989	48.0	96.8	155.0	17.54	35.35	56.63
1990	45.0	114.2	169.0	16.44	41.71	61.75
1991	32.0	117.4	213.0	11.69	42.89	77.82
1992	74.0	115.9	189.0	27.04	42.33	69.05
1993	84.0	172.5	375.0	30.69	63.03	137.01
1994	47.1	145.4	227.0	17.21	53.14	82.94
1995	65.0	122.5	201.0	23.75	44.74	73.44
1996	58.0	139.5	234.0	21.19	50.96	85.50
1997	29.0	131.7	281.0	10.60	48.11	102.67
1998	21.0	124.8	318.0	7.67	45.61	116.19
1999	63.8	165.4	244.7	23.31	60.43	89.41
2000	48.2	131.4	206.7	17.61	48.01	75.52
2001	57.5	165.4	321.4	21.01	60.42	117.43
2002	66.3	137.7	260.8	24.22	50.33	95.29
2003	80.2	138.4	220.1	29.30	50.56	80.42
2004	56.2	128.2	224.1	20.53	46.83	81.88
2005	63.4	143.5	241.2	23.16	52.43	88.13
2006	35.6	109.4	210.1	13.01	39.97	76.76
2007	25.1	133.5	228.4	9.17	48.76	83.45
2008	25.2	143.5	298.0	9.21	52.42	108.88
2009	88.2	162.7	383.0	32.23	59.43	139.94
2010	24.8	123.7	205.5	9.06	45.18	75.08
2011	63.1	133.1	293.9	23.05	48.61	107.38
2012	50.2	157.5	274.3	18.34	57.55	100.22

Tabla 18*Datos considerados para la generación de la oferta hídrica.*

	Valor	Unidad
Área de la cuenca	1721886.96	m ²
Coef. de escorrentia	0.55	--
Pp(max)	2.07	m/año
Pp(med)	1.50	m/año
Pp(min)	0.72	m/año

Tabla 19*Caudales de oferta hídrica en m³/s.*

	Cálculo de caudales	Valor	Unidad
Caudal max	$Q_{max}(\frac{m^3}{s}) = \frac{Ac(m^2) \times Pp(\frac{m}{año})(Max) \times Ce}{31104000}$	0.0630	$\frac{m^3}{s}$
Caudal med	$Q_{med}(\frac{m^3}{s}) = \frac{Ac(m^2) \times Pp(\frac{m}{año})(Med) \times Ce}{31104000}$	0.0456	$\frac{m^3}{s}$
Caudal min	$Q_{min}(\frac{m^3}{s}) = \frac{Ac(m^2) \times Pp(\frac{m}{año})(Min) \times Ce}{31104000}$	0.0218	$\frac{m^3}{s}$

Tabla 20*Caudales promedios mensualizados en m³/s.*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio mensual
Media (mm)	101.77	134.62	177.83	185.57	139.02	108.20	88.62	76.21	118.08	130.70	119.16	117.57	124.78
Max (mm)	271.00	281.00	375.00	383.00	244.70	201.10	254.40	189.00	201.50	234.00	224.70	321.40	265.07
Min (mm)	17.90	19.80	69.40	65.80	60.50	25.10	21.00	25.20	23.20	29.90	24.90	14.00	33.06
Caudal med (m³/s)	0.0372	0.0492	0.0650	0.0678	0.0508	0.0395	0.0324	0.0278	0.0431	0.0478	0.0435	0.0430	0.0456
Caudal max (m³/s)	0.0990	0.1027	0.1370	0.1399	0.0894	0.0735	0.0930	0.0691	0.0736	0.0855	0.0821	0.1174	0.0968
Caudal min (m³/s)	0.0065	0.0072	0.0254	0.0240	0.0221	0.0092	0.0077	0.0092	0.0085	0.0109	0.0091	0.0051	0.0121

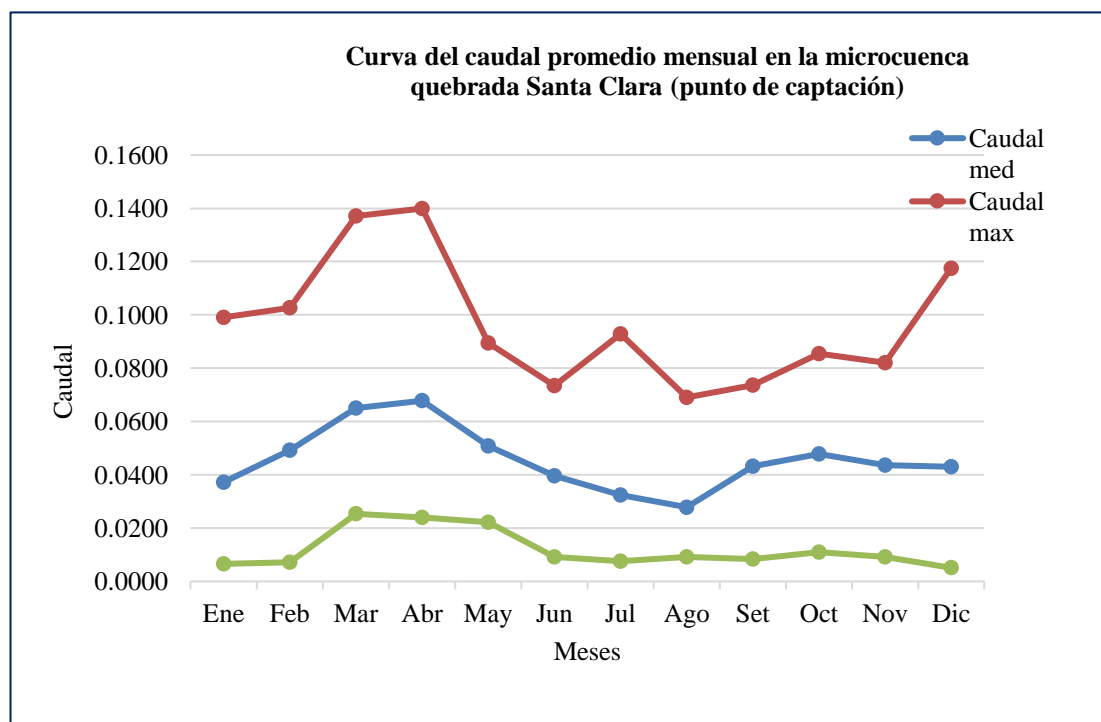
*Figura 17. Curva del caudal promedio mensual.*

Tabla 21.*Caudal Efectivo en m³/mes.*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Caudal med (m³/mes)	96376.88	127487.08	168411.74	175741.81	131660.36	102466.34	83929.65	72173.75	111826.23	123774.69	112849.03	111345.45	118170.25
Caudal max (m³/mes)	256647.25	266117.63	355139.19	362715.49	231740.16	190449.31	240926.42	178990.15	190828.12	221606.85	212799.40	304377.96	251028.16
Caudal min (m³/mes)	16951.98	18751.35	65724.43	62315.09	57295.79	23770.65	19887.79	23865.35	21971.28	28316.43	23581.24	13258.53	31307.49

Tabla 22*Tiempo de retorno y probabilidad de ocurrencia.*

Año	Pp max(anual)	Pp max ord.	N° de orden (m)	Qmax (L/s)	Periodo de retorno T (años)	Probabilidad P (%)
1983	108.7	383.0	1	139.94	31.00	3.23
1984	216.0	375.0	2	137.01	15.50	6.45
1985	126.2	321.4	3	117.43	10.33	9.68
1986	182.8	318.0	4	116.19	7.75	12.90
1987	191.6	298.0	5	108.88	6.20	16.13
1988	119.2	293.9	6	107.38	5.17	19.35
1989	155.0	281.0	7	102.67	4.43	22.58
1990	169.0	274.3	8	100.22	3.88	25.81
1991	213.0	260.8	9	95.29	3.44	29.03
1992	189.0	244.7	10	89.41	3.10	32.26
1993	375.0	241.2	11	88.13	2.82	35.48
1994	227.0	234.0	12	85.50	2.58	38.71
1995	201.0	228.4	13	83.45	2.38	41.94
1996	234.0	227.0	14	82.94	2.21	45.16
1997	281.0	224.1	15	81.88	2.07	48.39
1998	318.0	220.1	16	80.42	1.94	51.61
1999	244.7	216.0	17	78.92	1.82	54.84
2000	206.7	213.0	18	77.82	1.72	58.06
2001	321.4	210.1	19	76.76	1.63	61.29
2002	260.8	206.7	20	75.52	1.55	64.52
2003	220.1	205.5	21	75.08	1.48	67.74
2004	224.1	201.0	22	73.44	1.41	70.97
2005	241.2	191.6	23	70.00	1.35	74.19
2006	210.1	189.0	24	69.05	1.29	77.42
2007	228.4	182.8	25	66.79	1.24	80.65
2008	298.0	169.0	26	61.75	1.19	83.87
2009	383.0	155.0	27	56.63	1.15	87.10
2010	205.5	126.2	28	46.11	1.11	90.32
2011	293.9	119.2	29	43.55	1.07	93.55
2012	274.3	108.7	30	39.72	1.03	96.77

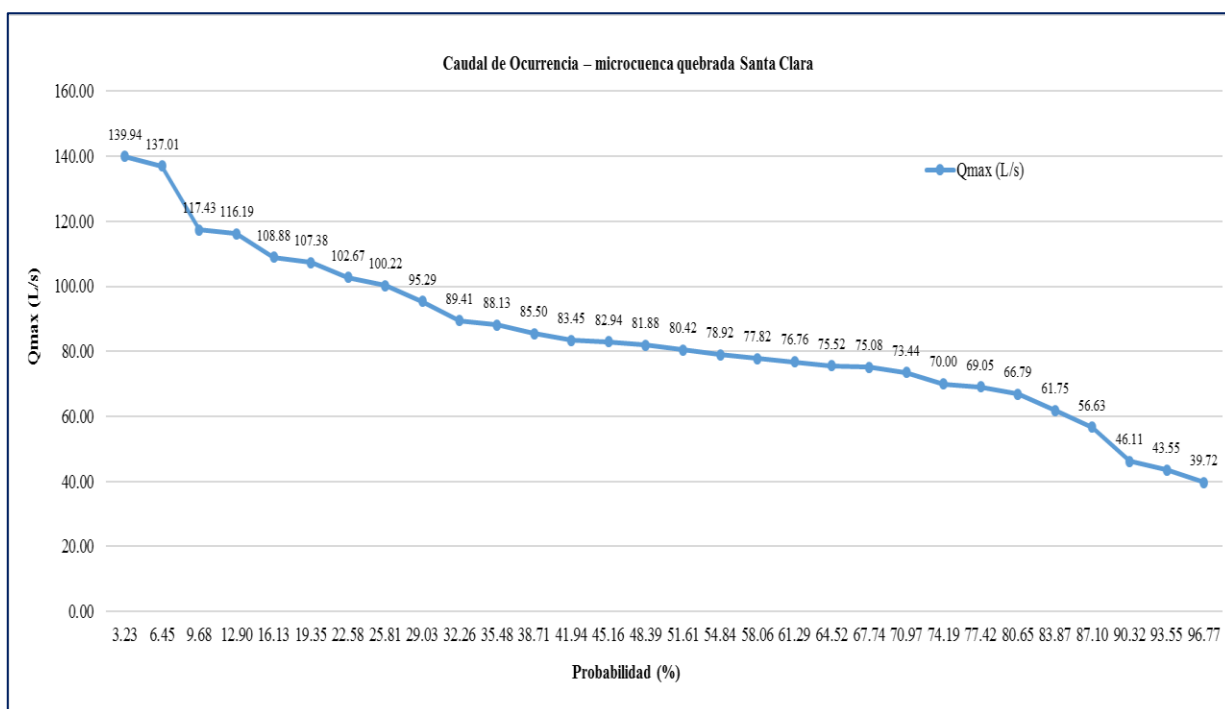


Figura 18. Caudal de ocurrencia.

Tabla 23

Datos básicos para el cálculo del aforo por el método del flotador.

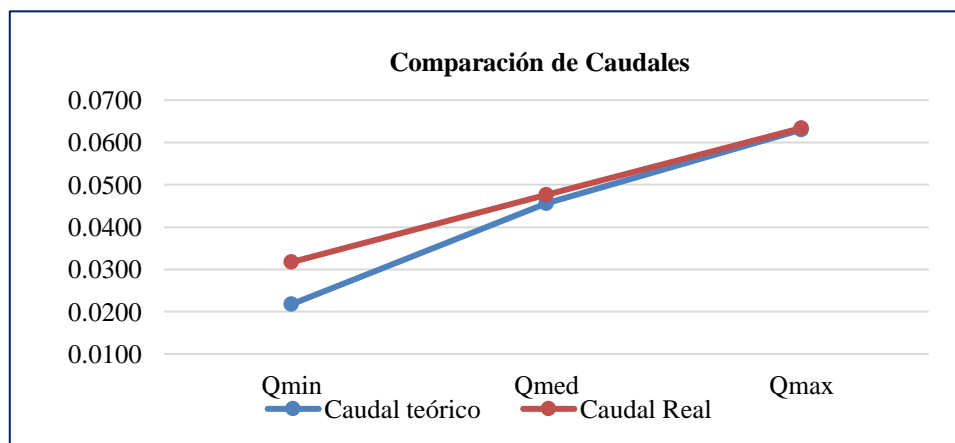
Longitud del tramo	Lt	2	m
Espejo de agua	E	2.8	m
dist. Entre segm.	n/h	0.7	m
n # Segmentos		4	und
Factor de corrección	Fc	0.8	
Factor de reducción por temporada	Fr	0.5	
Tiempos:			
tiempo parcial	t1	9.17	s
tiempo parcial	t2	8.51	s
tiempo parcial	t3	7.50	s
tiempo parcial	t4	8.06	s
tiempo parcial	t5	8.31	s
Alturas:			
Altura vertical	d1	0.02	m
Altura vertical	d2	0.06	m
Altura vertical	d3	0.11	m
Altura vertical	d4	0.08	m
Altura vertical	d5	0.02	m

Tabla 24*Cálculos realizados para determinar el caudal en la fuente.*

Velocidades (m/s)			
Velocidad parcial	v1	0.22	m/s
Velocidad parcial	v2	0.24	m/s
Velocidad parcial	v3	0.27	m/s
Velocidad parcial	v4	0.25	m/s
Velocidad parcial	v5	0.24	m/s
Velocidad Promedio Parcial	Vp	0.24	m/s
Velocidad Corregido	Vc	0.20	m/s
Áreas			
Área parcial	Ap 01	0.01	m ²
Área parcial	Ap 02	0.05	m ²
Área parcial	Ap 03	0.10	m ²
Área parcial	Ap 04	0.09	m ²
Área parcial	Ap 05	0.01	m ²
Área total=		0.26	m²
Caudal en época de avenidas			
	Qf	0.0634	m ³ /s
	Qf	63.44	L/s
Caudal medio			
	Qfm	47.58	L/s
Caudal en época de estiaje			
	Qfe	31.72	L/s

Tabla 25*Caudal generado y caudal real.*

	Pp diseño acumulado anual (mm)	Caudal teórico (m ³ /s)	Caudal Real (m ³ /s)	Coef. Esco.	Pérdidas en (m ³ /s)
Qmin	715.10	0.0218	0.0317	0.55	-0.0099
Qmed	1497.35	0.0456	0.0476	0.55	-0.0020
Qmax	2070.00	0.0630	0.0634	0.55	-0.0004

*Figura 19. Comparación de caudales.*

En lo que respecta al cálculo de la oferta hídrica de la microcuenca quebrada Santa Clara, según los datos históricos obtenidos del SENAMHI al procesar dichos datos se puede decir que en el área de estudio las precipitaciones son constantes en el transcurso del año, los caudales generados no difieren mucho del caudal real obtenido mediante el aforo. Al realizar los cálculos para determinar el caudal máximo en avenidas se obtuvo el resultado de un caudal pico de 139.94 L/s con un tiempo de retorno de 31 años y una probabilidad de ocurrencia de 3.23%, todo el proceso se realizó con una data histórica de 30 años de precipitaciones tratadas y procesadas por el SENAMHI.

Del segundo objetivo específico: Evaluar los parámetros de la calidad del agua (físico-químico y microbiológico) de la microcuenca quebrada Santa Clara.

A efectos de evaluar la calidad del agua de la fuente de abastecimiento de la microcuenca quebrada Santa Clara a continuación se muestra el cuadro comparativo entre los resultados del Informe de Ensayo con Valor Oficial N° 56085L/17-MA-MB y los ECAS (Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 1 Poblacional y Recreacional, A1, A2 y A3 que corresponden a Aguas Superficiales), estos resultados de análisis de laboratorio fueron realizados para la Municipalidad Distrital Alonso de Alvarado.

Tabla 26

Resultados de los análisis de laboratorio.

Parámetros	Unidad	Informe de ensayo con valor oficial N° 56085L/17-MA-MB	ECAS-AGUA		
			Categoría 1		
			D.S. N° 004-2017-MINAM		
			A1	A2	A3
			Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Físicos y químicos					
Aceites y grasas	mg/L	<1.0	0.5	1.7	1.7
Conductividad	us/cm	117.9	1 500	1 600	**
pH	unid.	7.2	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	78	1 000	1 000	1 500
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	<3.0	-	-	-

Turbidez	UNT	3.4	5	100	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2.1	3	5	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.047	1.5	1.5	**
Inorgánicos					
Aluminio	mg/L	0.1149	0.9	5	5
Antimonio	mg/L	<0.0002	0.02	0.02	**
Arsénico	mg/L	<0.0004	0.01	0.01	0.15
Bario	mg/L	0.0395	0.7	1	**
Berilio	mg/L	<0.0008	0.012	0.04	0.1
Boro	mg/L	<0.0012	2.4	2.4	2.4
Cadmio	mg/L	<0.0002	0.003	0.005	0.01
Cobre	mg/L	0.0033	2	2	2
Cromo hexavalente	mg/L	<0.02	0.05	0.05	0.05
Hierro	mg/L	0.4191	0.3	1	5
Manganeso	mg/L	0.0081	0.4	0.4	0.5
Mercurio	mg/L	<0.0001	0.001	0.002	0.002
Molibdeno	mg/L	<0.0002	0.07	**	**
Niquel	mg/L	0.0021	0.07	**	**
Plomo	mg/L	0.0012	0.01	0.05	0.05
Selenio	mg/L	<0.0002	0.04	0.04	0.05
Uranio	mg/L	<0.0003	0.02	0.02	0.02
Vanadio	mg/L	0.0011	-	-	-
Zinc	mg/L	0.1463	3	5	5
Microbiológicos					
Coliformes Totales	NMP/100mL	>23	50	**	**
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>23	20	2 000	20 000

La caracterización de la muestra de agua de la fuente de abastecimiento fue ejecutada por Inspectorate Services Perú S.A.C. A Bureau Group Company, laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL - DA con registro N° LE-031; habiendo realizado el muestreo correspondiente el tesista. Como se puede observar en la tabla comparativa entre los resultados del informe de ensayo con valor oficial N° 56085L/17-MA-MB relacionado a la caracterización de una muestra puntual de la fuente microcuenca quebrada Santa Clara y los estándares de calidad de agua – ECAS – categoría 1 poblacional y recreacional, A1, A2 y A3 que corresponden a aguas superficiales; siendo la primera de ellas la que corresponde a aguas superficiales que pueden ser potabilizadas previa desinfección y las dos últimas las que corresponden a aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable previos procesos de tratamiento; por lo tanto de acuerdo a los resultados de la caracterización de la fuente para

el abastecimiento, corresponde la subcategoría A1 a aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, lo que permitirá a su vez que el producto final (agua potable) cumpla con el reglamento de calidad de agua para consumo humano vigente, aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA. La microcuenca quebrada Santa Clara en el punto de captación está ubicada en las coordenadas UTM: X=306083 y Y= 9300987, a una altitud de 1109 msnm (aproximadamente está ubicado casi en la naciente, lejos de la salida de la descarga del curso principal), estando así en una cota alta con pendientes pronunciadas que su vez en épocas de avenidas el agua tiende a estar muy turbia, generando así una gran cantidad de sedimentos, por lo que se recomienda diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional para un servicio de calidad y continuo, ya que dicha quebrada cumple con los ECA's del agua para consumo poblacional.

Del tercer objetivo específico: Analizar el balance hídrico de la microcuenca quebrada Santa Clara.

Tabla 27

Balance hídrico realizado con caudales mínimos.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Qmin(m³/s)	0.00654	0.00723	0.02536	0.02404	0.02210	0.00917	0.00767	0.00921	0.00848	0.01092	0.00910	0.00512	0.01208
Demanda Hídrica Total (m³/s)	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
Balance Hídrico (m³/s)	0.00619	0.00688	0.02501	0.02369	0.02176	0.00882	0.00732	0.00886	0.00813	0.01057	0.00875	0.00477	0.01173
(año 2018)													
(m³/día)	534.85	594.83	2160.60	2046.95	1879.64	762.14	632.71	765.30	702.16	913.67	755.83	411.73	1013.37
Excedencia (%)	94.65	95.17	98.62	98.55	98.42	96.19	95.44	96.20	95.87	96.80	96.16	93.16	97.10

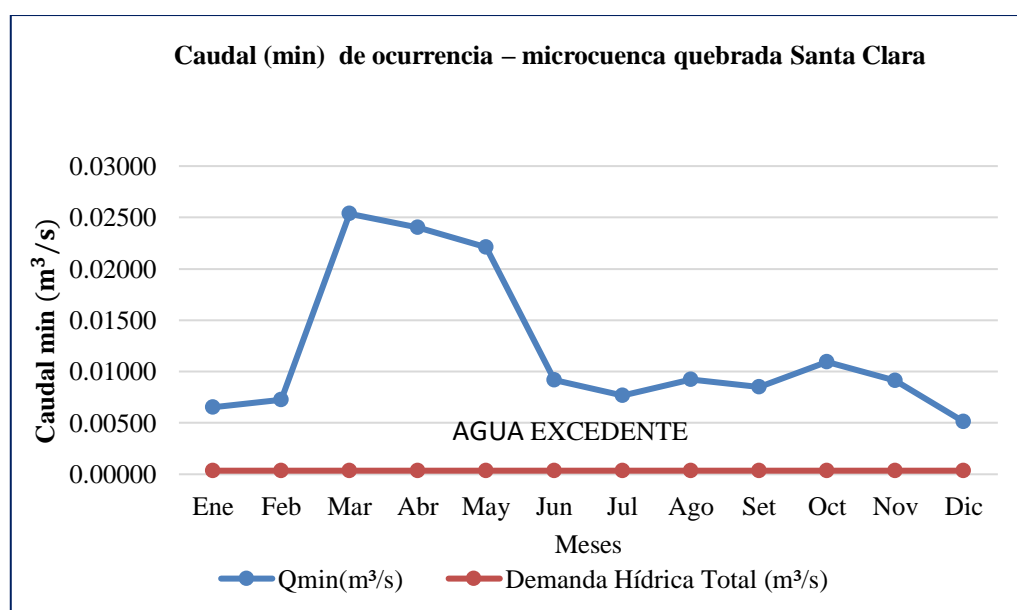
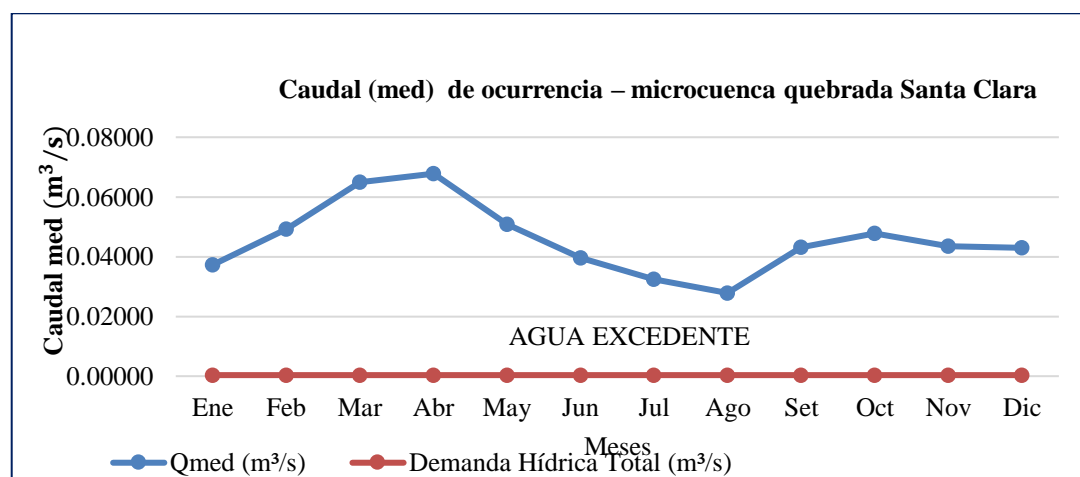


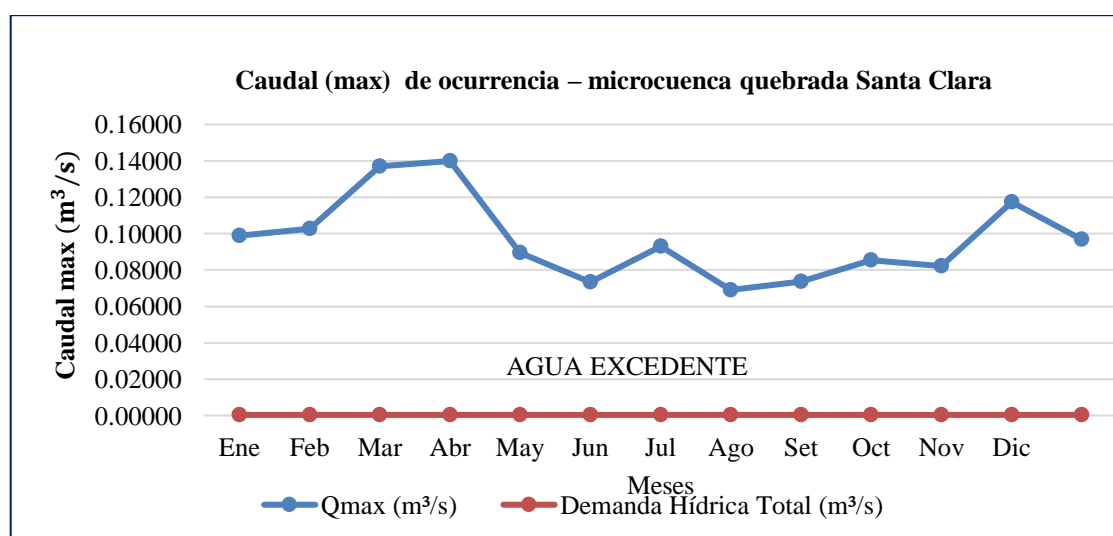
Figura 20. Caudal mínimo – demanda hídrica.

Tabla 28*Balance hídrico realizado con caudales promedios.*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Qmed (m³/s)	0.03718	0.04918	0.06497	0.06780	0.05079	0.03953	0.03238	0.02784	0.04314	0.04775	0.04354	0.04296	0.04559
Demanda Hídrica Total (m³/s)	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
Balance Hídrico (m³/s)	0.03683	0.04884	0.06462	0.06745	0.05045	0.03918	0.03203	0.02750	0.04279	0.04740	0.04319	0.04261	0.04524
(año 2018)													
(m³/día)	3182.35	4219.35	5583.51	5827.84	4358.46	3385.33	2767.44	2375.58	3697.32	4095.61	3731.42	3681.30	3908.79
Excedencia (%)	99.06	99.29	99.46	99.48	99.31	99.12	98.92	98.74	99.19	99.27	99.20	99.19	99.23

*Figura 21. Caudal promedio – demanda hídrica.***Tabla 29***Balance hídrico realizado con caudales máximos.*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Qmax (m³/s)	0.09902	0.10267	0.13701	0.13994	0.08941	0.07348	0.09295	0.06905	0.07362	0.08550	0.08210	0.11743	0.09685
Demanda Hídrica Total (m³/s)	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
Balance Hídrico (m³/s)	0.09867	0.10232	0.13666	0.13959	0.08906	0.07313	0.09260	0.06871	0.07327	0.08515	0.08175	0.11708	0.09650
(año 2018)													
(m³/día)	8524.69	8840.37	11807.76	12060.30	7694.46	6318.09	8000.66	5936.12	6330.72	7356.68	7063.10	10115.72	8337.39
Excedencia (%)	99.65	99.66	99.74	99.75	99.61	99.52	99.62	99.49	99.52	99.59	99.57	99.70	99.64

*Figura 22. Caudal máximo – demanda hídrica.*

Después de haber determinado el balance hídrico de la microcuenca quebrada Santa Clara se observa superávit de agua en todo momento en sus diferentes caudales (mínimos, promedios y máximos). El comportamiento del recurso hídrico es óptimo, eso garantiza que no existirán problemas en continuidad del agua para la población y también la excedencia de dicho recurso hídrico supera el 90% en los tres balances hídricos realizados.

Del cuarto objetivo específico: Evaluar la disponibilidad hídrica para el consumo poblacional de la localidad Santa Clara.

Tabla 30

Parámetros geomorfológicos de la microcuenca quebrada Santa Clara.

Parámetros	Valor	Und	Descripción
Área de Toda la microcuenca	20074621.48	m ²	Cuenca pequeña que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración y en el cual las características físicas son más importantes que las del cauce. Se considera cuenca pequeña aquella cuya área es inferior a 250 km ²
Área a partir del punto de captación	1721886.96	m ²	
Perímetro	19599.85	m	Se refiere al borde de la forma de la cuenca proyectada en forma muy irregular
Z medio	1279.88	m.s.n.m	Altitud media de la cuenca
X medio	305736.38	m	Coordenadas en el Este(x) UTM WGS 84 Zona18S
Y medio	9302736.11	m	Coordenadas en el Norte(y) UTM WGS 84 Zona18S
Altitud máxima	1641.00	m.s.n.m	Cota mayor existente en la cuenca
Altitud mínima	903.00	m.s.n.m	Cota menor existente en la cuenca
Altitud media	1279.88	m.s.n.m	Es la ordenada media de la curva hipsométrica, en ella, el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y el 50% está situado por debajo de ella
Altitud más frecuente	1015.30	m.s.n.m	Es el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes
Altitud de frecuencia media	1201.04	m.s.n.m	Es la altitud correspondiente al punto de abscisa media de la curva de frecuencia de altitudes
Pendiente promedio	23.20	%	Determina el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los drenajes, tiene una importancia directa en la relación a la magnitud de las crecidas. La pendiente es alta en la mayor parte de la cuenca
Longitud del Cauce Principal (m)	8462.71	m	Flujo alargado y cauce variado con varios tributarios pequeños
Orden	4.00		Es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. El resultado quiere decir que tiene varios tributarios y un máximo de corrientes de orden 4, considerándose una cuenca pequeña
Longitud de la red hídrica	47205.24	m	Es una indicación de la pendiente de la cuenca, así como del grado de drenaje. Es un área escarpada y bien drenada, tiene numerosos tributarios pequeños
Pendiente promedio de la red hídrica	2.14	%	Pendiente moderada en ciertos tramos
Pendiente del Cauce Principal	8.72	%	Determina la solución de problemas de inundaciones. Pendiente moderada en la longitud principal del cauce
Densidad de Drenaje	0.00	-	Indica suelos duros, poco erosionables o muy permeables y cobertura vegetal densa
Tiempo de Concentración KIRPICH	0.88	hr	Es el tiempo necesario para que una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más alejado de aquella a la salida o desembocadura del cauce principal
Tiempo de Concentración TEMEZ	1.19	hr	
Tiempo de Concentración CULVERTS	0.88	hr	
Índice de Compacidad	1.23	-	Expresa la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía. Para cuencas alargadas se espera K>1, las cuencas de forma alargada, reducen las probabilidades de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta lo que afecta el tipo de respuesta que se presenta en el río
Largo del Rec Equivalente	6.88	km	Es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea con la forma de un rectángulo que tiene la misma área y perímetro, igual distribución de alturas e igual distribución de terreno
Ancho del Rec Equivalente	2.92	km	
Comprobación del Rec Equivalente	20.07	km	

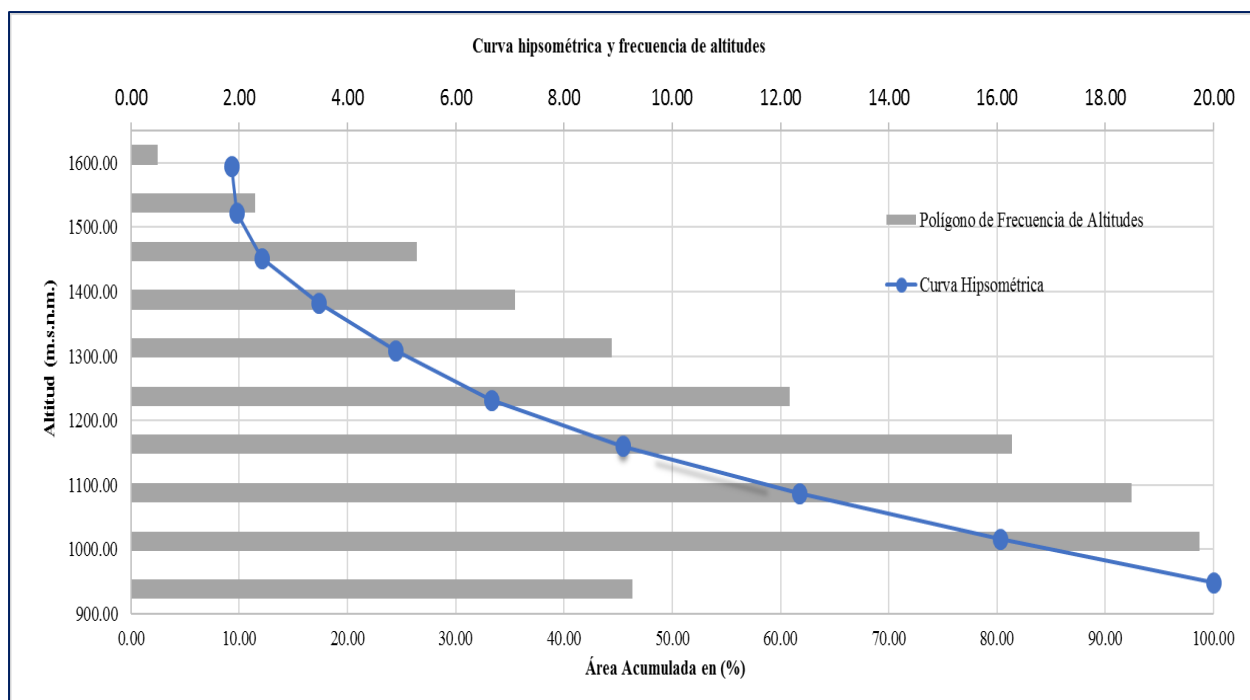


Figura 23. Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.

Tabla 31

Evaluación de la disponibilidad hídrica con caudal mínimo y caudal ecológico.

Balance Hídrico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Oferta hídrica en el punto de interés (L/s)	6.54	7.23	25.36	24.04	22.10	9.17	7.67	9.21	8.48	10.92	9.10	5.12	
Oferta hídrica en el punto de interés (m³)	17,517	17,501	67,915	62,315	59,206	23,771	20,551	24,661	21,971	29,260	23,581	13,700	381,950
Demanda de agua de terceros (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda de agua del caudal ecológico (m³)	1,752	1,750	6,792	6,232	5,921	2,377	2,055	2,466	2,197	2,926	2,358	1,370	38,195
Disponibilidad hídrica sin proyecto (m³)	15,765	15,751	61,124	56,084	53,285	21,394	18,496	22,195	19,774	26,334	21,223	12,330	343,755
Demanda de agua del proyecto (L/s)	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	
Demanda de agua del proyecto (m³)	937	846	937	906	937	906	937	937	906	937	906	937	11,029
Acreditación de agua para el proyecto (m³)	937	846	937	906	937	906	937	937	906	937	906	937	11,029

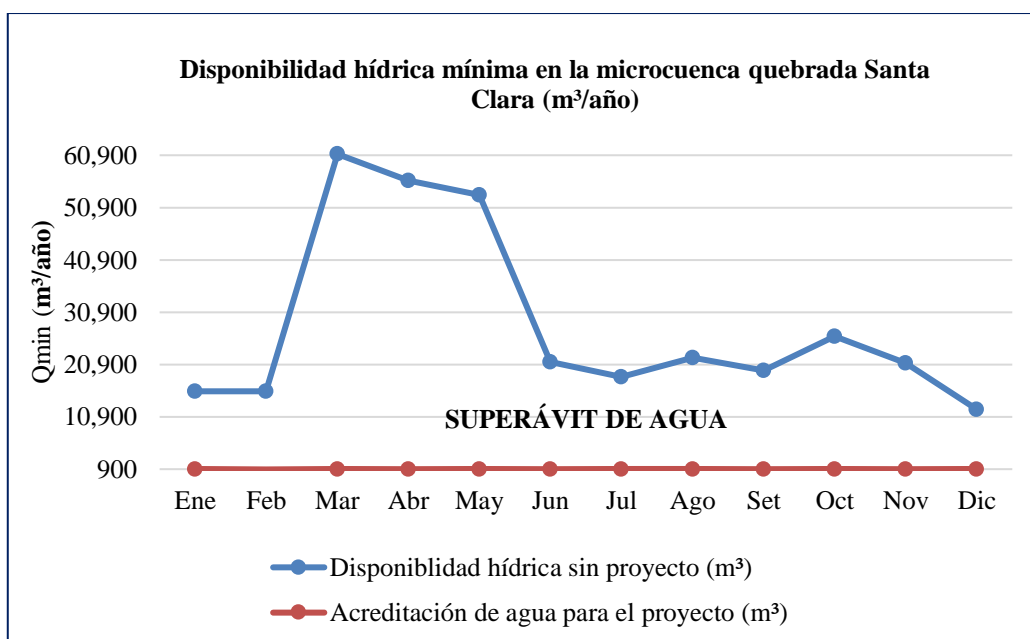


Figura 24. Disponibilidad hídrica en la microcuenca quebrada Santa Clara con caudales mínimos y caudales ecológicos.

Tabla 32

Evaluación de la disponibilidad hídrica con caudal medio y caudal ecológico.

Balance Hídrico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Oferta hídrica en el punto de interés (L/s)	37.18	49.18	64.97	67.80	50.79	39.53	32.38	27.84	43.14	47.75	43.54	42.96	
Oferta hídrica en el punto de interés (m³)	99,589	118,988	174,025	175,742	136,049	102,466	86,727	74,580	111,826	127,901	112,849	115,057	1,435,800
Demanda de agua de terceros (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda de agua del caudal ecológico (m³)	9,959	11,899	17,403	17,574	13,605	10,247	8,673	7,458	11,183	12,790	11,285	11,506	143,580
Disponibilidad hídrica sin proyecto (m³)	89,631	107,089	156,623	158,168	122,444	92,220	78,055	67,122	100,644	115,110	101,564	103,551	1,292,220
Demanda de agua del proyecto (L/s)	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	
Demanda de agua del proyecto (m³)	937	846	937	906	937	906	937	937	906	937	906	937	11,029
Acreditación de agua para el proyecto (m³)	937	846	937	906	937	906	937	937	906	937	906	937	11,029

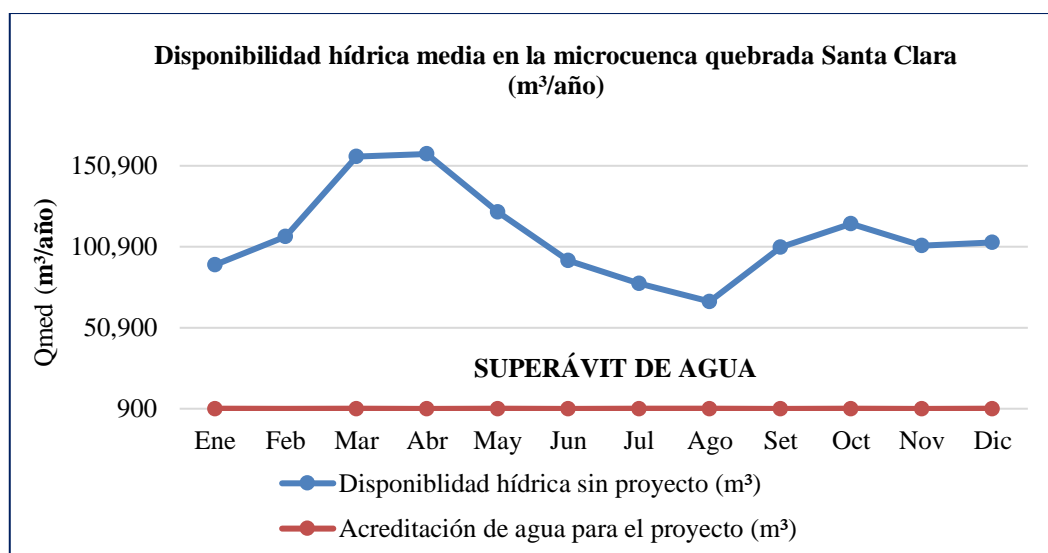


Figura 25. Disponibilidad hídrica en la microcuenca quebrada Santa Clara con caudales medios y caudales ecológicos.

Tabla 33

Evaluación de la disponibilidad hídrica con caudal máximo y caudal ecológico.

Balance Hídrico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Oferta hídrica en el punto de interés (L/s)	99.02	102.67	137.01	139.94	89.41	73.48	92.95	69.05	73.62	85.50	82.10	117.43	
Oferta hídrica en el punto de interés (m ³)	265,202	248,376	366,977	362,715	239,465	190,449	248,957	184,956	190,828	228,994	212,799	314,524	3,054,244
Demanda de agua de terceros (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda de agua del caudal ecológico (m ³)	26,520	24,838	36,698	36,272	23,946	19,045	24,896	18,496	19,083	22,899	21,280	31,452	305,424
Disponibilidad hídrica sin proyecto (m³)	238,682	223,539	330,279	326,444	215,518	171,404	224,062	166,461	171,745	206,094	191,519	283,072	2,748,820
Demanda de agua del proyecto (L/s)	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	
Demanda de agua del proyecto (m ³)	937	846	937	906	937	906	937	937	906	937	906	937	11,029
Acreditación de agua para el proyecto (m³)	937	846	937	906	937	906	937	937	906	937	906	937	11,029

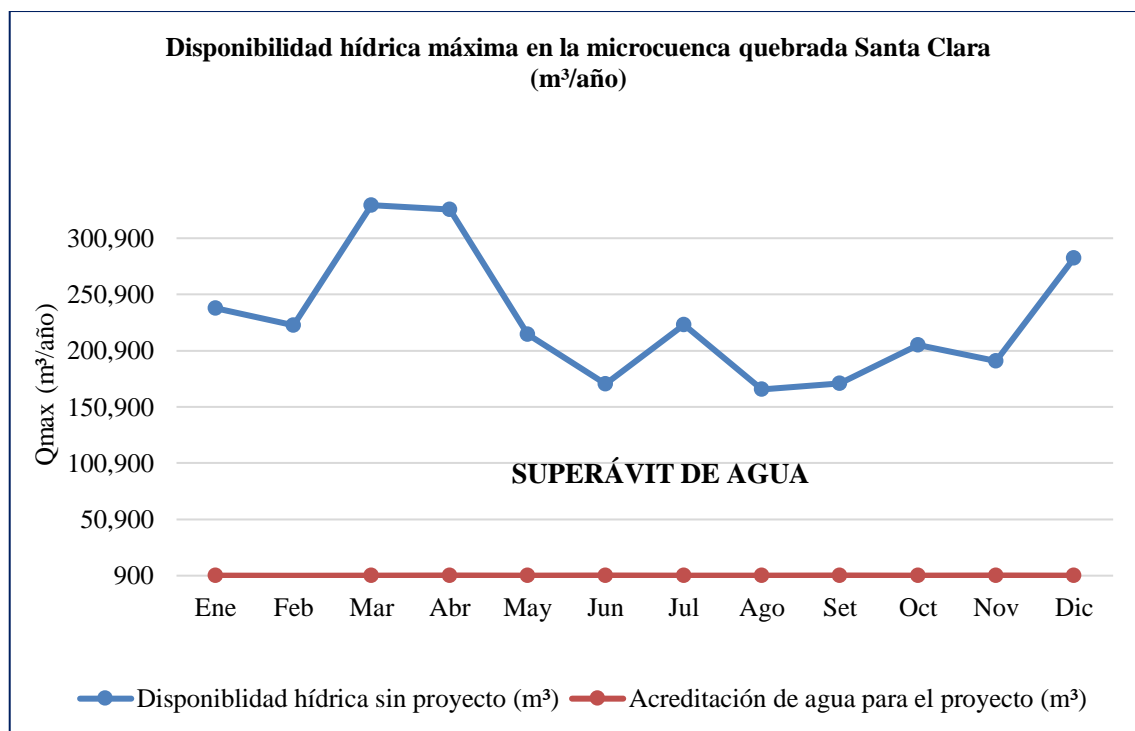


Figura 26. Disponibilidad hídrica en la microcuenca quebrada Santa Clara con caudales medios y caudales ecológicos.

Para poder realizar la evaluación de la disponibilidad hídrica de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo poblacional de la localidad Santa Clara, se optó por determinar el balance hídrico restando el caudal ecológico de la fuente que se consideró un 10% de la oferta hídrica. La variación de caudal en los diferentes meses garantiza la existencia de superávit o excedente de agua. Según los parámetros geomorfológicos la microcuenca quebrada Santa Clara es una unidad hidrográfica pequeña, con topografía accidentada, cobertura vegetal densa y pendientes moderadas. La evaluación de la disponibilidad hídrica se realizó en una parte de la microcuenca, siendo su punto de partida el punto de captación y su final en la parte alta de la misma. El criterio elegido para hacer la evaluación en dicha área fue que aguas arriba de la captación el escurrimiento, caudal (aforo), la toma de muestras de agua, etc. no va ser lo mismo que en la parte baja de la microcuenca, ya que la muestra elegida es el punto de captación y no toda la microcuenca. Además, en los proyectos de saneamiento en los estudios hidrológicos se detalla que la evaluación se realiza en donde se va a captar el agua.

Del objetivo general: Determinar el balance hídrico y calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo humano de la localidad Santa Clara.

Tabla 34*Balance hídrico con caudales mínimos para 20 años.*

N°	Año	Demanda hídrica total m ³ /s	Oferta hídrica mínima anual m ³ /s	Balance hídrico m ³ /s	Agua excedente %
0	2018	0.00029	0.01208	0.01179	97.61
1	2019	0.00029	0.01208	0.01179	97.58
2	2020	0.00029	0.01208	0.01178	97.56
3	2021	0.00030	0.01208	0.01178	97.53
4	2022	0.00030	0.01208	0.01178	97.51
5	2023	0.00030	0.01208	0.01177	97.48
6	2024	0.00031	0.01208	0.01177	97.46
7	2025	0.00031	0.01208	0.01177	97.43
8	2026	0.00031	0.01208	0.01177	97.41
9	2027	0.00032	0.01208	0.01176	97.38
10	2028	0.00032	0.01208	0.01176	97.36
11	2029	0.00032	0.01208	0.01176	97.33
12	2030	0.00033	0.01208	0.01175	97.31
13	2031	0.00033	0.01208	0.01175	97.28
14	2032	0.00033	0.01208	0.01175	97.26
15	2033	0.00033	0.01208	0.01174	97.23
16	2034	0.00034	0.01208	0.01174	97.21
17	2035	0.00034	0.01208	0.01174	97.18
18	2036	0.00034	0.01208	0.01173	97.16
19	2037	0.00035	0.01208	0.01173	97.13
20	2038	0.00035	0.01208	0.01173	97.10

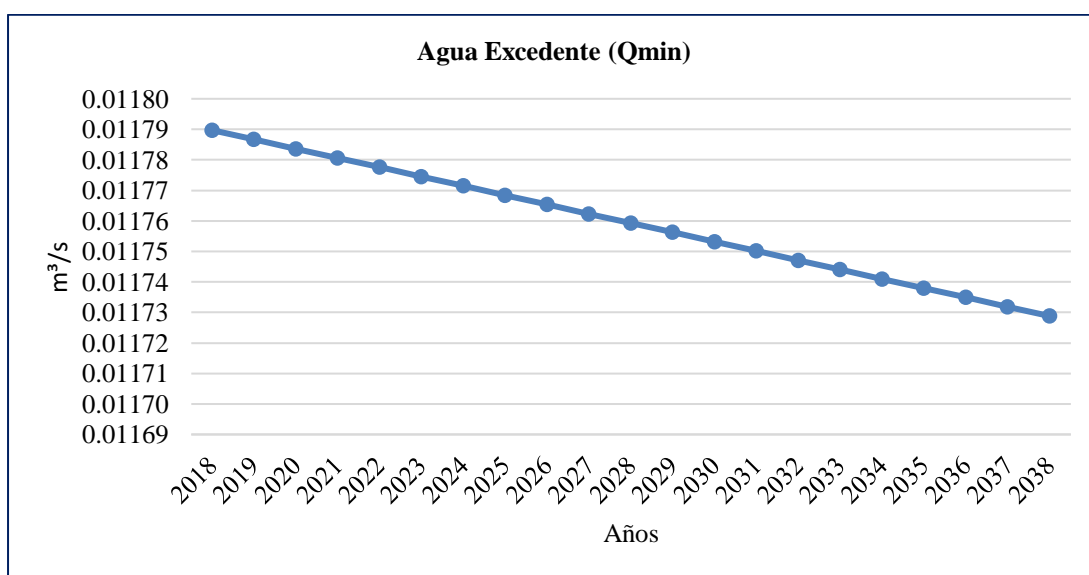
*Figura 27: Variación del agua excedente (Qmin).*

Tabla 35*Balance hídrico con caudales medios para 20 años.*

N°	Año	Demanda hídrica total m³/s	Oferta hídrica media anual m³/s	Balance hídrico m³/s	Agua excedente %
0	2018	0.00029	0.04559	0.04530	99.37
1	2019	0.00029	0.04559	0.04530	99.36
2	2020	0.00029	0.04559	0.04530	99.35
3	2021	0.00030	0.04559	0.04529	99.35
4	2022	0.00030	0.04559	0.04529	99.34
5	2023	0.00030	0.04559	0.04529	99.33
6	2024	0.00031	0.04559	0.04528	99.33
7	2025	0.00031	0.04559	0.04528	99.32
8	2026	0.00031	0.04559	0.04528	99.31
9	2027	0.00032	0.04559	0.04527	99.31
10	2028	0.00032	0.04559	0.04527	99.30
11	2029	0.00032	0.04559	0.04527	99.29
12	2030	0.00033	0.04559	0.04527	99.29
13	2031	0.00033	0.04559	0.04526	99.28
14	2032	0.00033	0.04559	0.04526	99.27
15	2033	0.00033	0.04559	0.04526	99.27
16	2034	0.00034	0.04559	0.04525	99.26
17	2035	0.00034	0.04559	0.04525	99.25
18	2036	0.00034	0.04559	0.04525	99.25
19	2037	0.00035	0.04559	0.04524	99.24
20	2038	0.00035	0.04559	0.04524	99.23

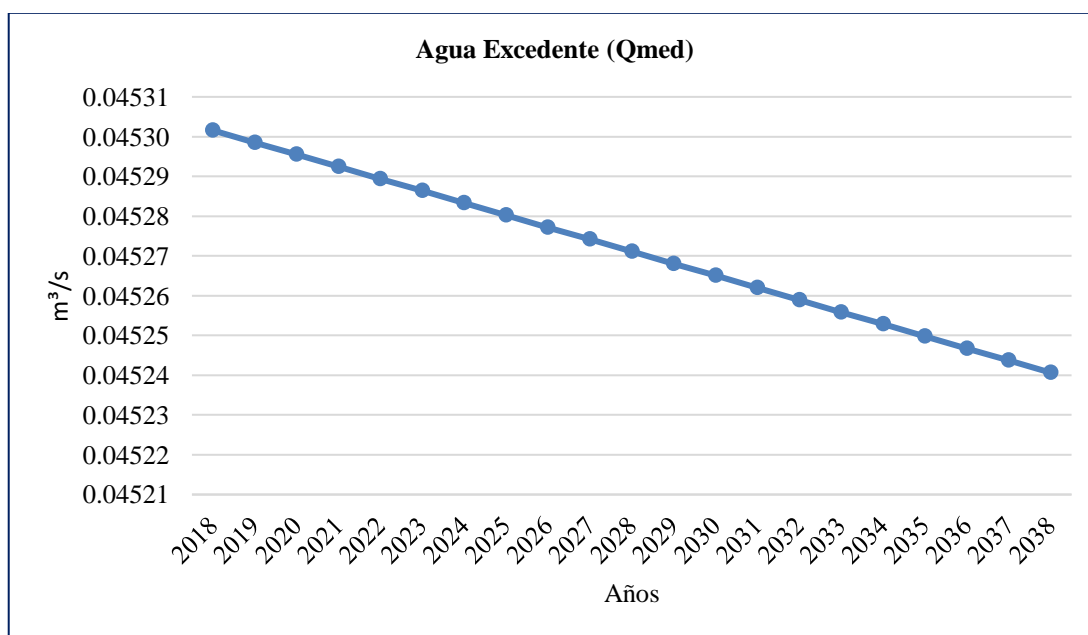
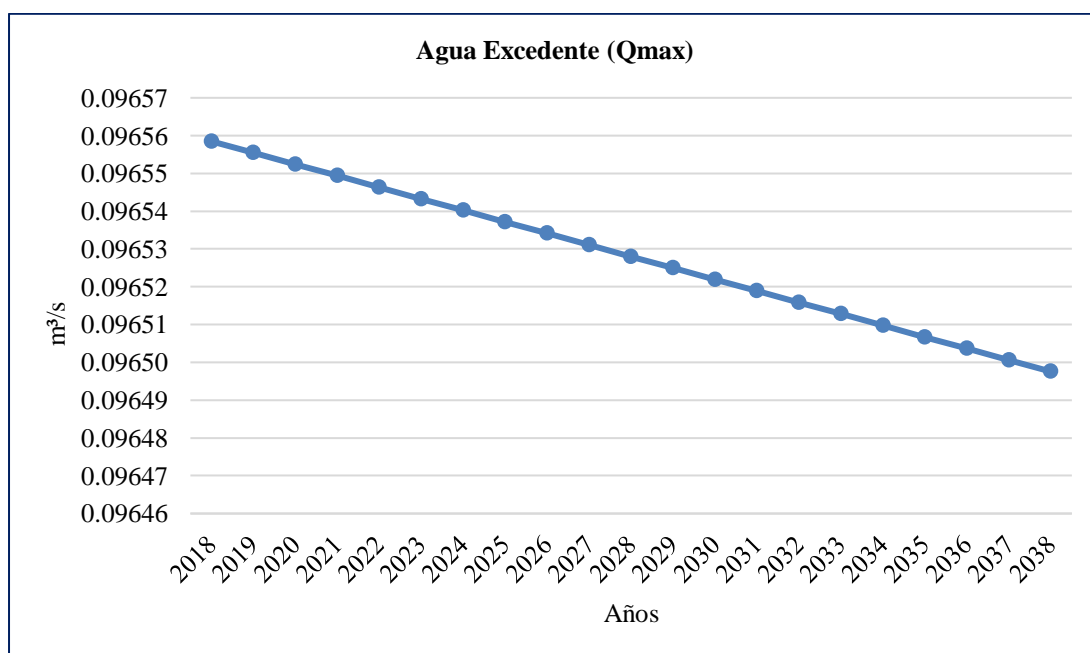
*Figura 28. Variación del agua excedente (Qmed).*

Tabla 36*Balance hídrico con caudales máximos para 20 años.*

Nº	Año	Demanda hídrica total m³/s	Oferta hídrica máxima anual m³/s	Balance hídrico m³/s	Agua excedente %
0	2018	0.00029	0.09685	0.09656	99.70
1	2019	0.00029	0.09685	0.09656	99.70
2	2020	0.00029	0.09685	0.09655	99.70
3	2021	0.00030	0.09685	0.09655	99.69
4	2022	0.00030	0.09685	0.09655	99.69
5	2023	0.00030	0.09685	0.09654	99.69
6	2024	0.00031	0.09685	0.09654	99.68
7	2025	0.00031	0.09685	0.09654	99.68
8	2026	0.00031	0.09685	0.09653	99.68
9	2027	0.00032	0.09685	0.09653	99.67
10	2028	0.00032	0.09685	0.09653	99.67
11	2029	0.00032	0.09685	0.09652	99.67
12	2030	0.00033	0.09685	0.09652	99.66
13	2031	0.00033	0.09685	0.09652	99.66
14	2032	0.00033	0.09685	0.09652	99.66
15	2033	0.00033	0.09685	0.09651	99.65
16	2034	0.00034	0.09685	0.09651	99.65
17	2035	0.00034	0.09685	0.09651	99.65
18	2036	0.00034	0.09685	0.09650	99.65
19	2037	0.00035	0.09685	0.09650	99.64
20	2038	0.00035	0.09685	0.09650	99.64

*Figura 29. Variación del agua excedente (Qmax)*

En los balances hídricos anuales determinados se tiene que los resultados obtenidos con caudales mínimos, caudales medios y caudales máximos brindan un porcentaje de excedencia de agua que siempre supera el 95%, eso significa que el abastecimiento poblacional de la localidad Santa Clara no será un problema, también se visualiza que el agua sobrante con el pasar de los años va ir disminuyendo su caudal en moderadas cantidades, pero siempre y cuando solo esta población sea la beneficiaria y se conserve el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Santa Clara en la parte alta.

Los resultados de análisis de laboratorio obtenidos del informe de ensayo con valor oficial N° 56085L/17-MA-MB realizado por Inspectorate Services Perú S.A.C. A Bereau Group Company, laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL - DA con registro N° LE-031, muestran que los parámetros microbiológicos y el hierro están con rangos que superan los ECA's del agua y el resto de parámetros están por debajo de los estándares de calidad ambiental del agua que establece el Ministerio del Ambiente mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, por ello se recomienda que la localidad Santa Clara tenga un sistema de tratamiento de agua potable para brindar agua segura.

3.2. Discusiones

Los beneficiarios del aprovechamiento de la microcuenca quebrada Santa Clara están ubicados en la jurisdicción del distrito de Alonso de Alvarado, provincia de Lamas, los mismos que habitan en condiciones poco favorables, debido a que, se brinda un servicio que no cumple con todas las condiciones necesarias en su construcción y por la antigüedad del mismo, además, ninguna de las familias cuenta con el servicio de agua de 121 habitantes.

El sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad Santa Clara, tiene una antigüedad de 26 años y fue instalada por la Municipalidad Distrital de Alonso de Alvarado, pero está inoperativo por qué; este componente presenta roturas que eran arreglados por los mismos usuarios, también se encuentra expuesto a épocas de avenidas de la quebrada para ser arrasadas las tuberías de la línea de conducción, porque no presenta protección y se encuentra a la orilla del río. El continuo desabastecimiento de agua en la

localidad involucrada, origina que la población, se vea obligada muchas veces a almacenar el agua en baldes, cilindros, para consumirlo en el resto del día, muchas veces estos recipientes no cuentan con el tratamiento necesario, trayendo como consecuencia el consumo de agua no tratada y esto origina en la población sobre todo en los niños la presencia de parásitos y desnutrición. En el peor de los casos, se abastecen de las quebradas que circundan en otras localidades que actualmente se encuentran en estado natural sin tratamiento y que no cuentan con la más mínima garantías de salubridad para el consumo humano.

Los caudales teóricos generados con los datos de precipitación que se obtuvieron son $Q_{\text{máx}}=0.0630 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\text{med}}=0.0456 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_{\text{min}}=0.0218 \text{ m}^3/\text{s}$, estos caudales son anuales y son considerados para realizar la comparación con el caudal real que viene a ser el dato obtenido del aforo que son $Q_{\text{máx}}=0.0634 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\text{med}}=0.0476 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_{\text{min}}=0.0317 \text{ m}^3/\text{s}$. En esta comparación se determina que si hay pérdidas, porque el caudal real es mayor por una mínima diferencia en todo momento y eso significa que los datos de caudales a utilizar pueden ser considerados confiables, ya que en el caudal máximo hay pérdidas en m^3/s de -0.0099 , en el caudal medio hay pérdidas en m^3/s de -0.0020 y en el caudal mínimo hay pérdidas en m^3/s de -0.0004 .

Con los datos históricos de precipitaciones de 30 años se pudo determinar con las precipitaciones máximas anuales un $Q_{\text{máx}}=139.94 \text{ L/s}$ tiene un periodo de retorno de 31 años y una probabilidad de ocurrencia es de un 3.23 % anual y un caudal máximo menor de 39.72 L/s con un periodo de retorno de 1.03 años y una probabilidad de ocurrencia del 96.77% anual, que significa que este será el caudal más probable en la mayoría de los meses.

En el balance hídrico mínimo anual considerando como demanda máxima en el año veinte un $Q=0.00035 \text{ m}^3/\text{s}$, se tiene una excedencia de agua de 97.10% en épocas de estiaje. En el balance hídrico medio anual, se obtuvo una excedencia de agua de 99.23% en épocas normales y en el balance hídrico máximo anual, se determinó una excedencia de agua de un 99.64% en épocas de avenidas.

Los resultados de análisis de laboratorio mediante el informe de ensayo con valor oficial N° 56085L/17-MA-MB comparado con los ECA's del agua, nos recomienda que el

resultado de dicha comparación, se debe realizar un tratamiento de agua potable simplemente con el proceso de desinfección, pero si deseamos garantizar la continuidad y calidad del agua se debe optar por el diseño de pre-tratamiento, así como el sedimentador y los pre-filtros que son obras hidráulicas que sirven para la reducción de los sedimentos suspendidos en el agua, ya que en épocas de avenidas la turbiedad se eleva demasiado y el cauce arrastra todo tipo de residuo.

En la evaluación de la disponibilidad hídrica con caudales mínimos se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de 343 755 m³/año y acreditación de agua para el proyecto de 11 029 m³/año, de esa manera se comprobó que la fuente de abastecimiento es óptima en épocas de estiaje.

En la evaluación de la disponibilidad hídrica con caudales medios se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de 1 292 220 m³/año y acreditación de agua para el proyecto de 11 029 m³/año, en esta ocasión la excedencia de agua es mucho mayor que la evaluación con caudales mínimos.

En la evaluación de la disponibilidad hídrica con caudales máximos se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de 2 748 820 m³/año y acreditación de agua para el proyecto de 11 029 m³/año, para este caso al ser caudales máximos se pudo apreciar que la oferta hídrica en el punto de interés sobrepasa con una gran diferencia a la demanda de agua de la localidad de Santa Clara.

Las comparaciones de resultados obtenidos se hicieron aplicando la metodología que utiliza la Autoridad Nacional del Agua para otorgar las acreditaciones de disponibilidad hídrica según la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA.

Batres y Gómez, 2014 dicen que en el balance hídrico realizado para la zona de estudio se hizo el estudio para ver el comportamiento de la cuenca San Antonio en un tiempo estimado de 7 años de los cuales obtuvieron registros históricos de precipitación y temperatura, donde también realizaron el aforo del río en época seca por el método del flotador, la cual el coeficiente de escorrentía también fue calculado en ese momento, en ese periodo muestran un déficit promedio de 16.73 Hm³ anuales. Para el tema de calidad de agua mencionan que es un método más involucrado en la conservación de los ecosistemas y la salud, sus resultados fueron que son aguas contaminadas y con pocas

posibilidades de mantener la vida acuática y totalmente dañina para el consumo humano. Mientras que en nuestro caso se determinó excedencia de agua y la calidad de la fuente hídrica se puede mejorar mediante un tratamiento adecuado.

Arrueta, 2009 determinó el balance hídrico para la microcuenca El Gallo, para los meses de junio a septiembre fue de -93.60, estas pérdidas en épocas de estiaje se deben a que, de toda la precipitación, el 53 % genera escorrentía directa y el 47 % abstracciones, lo que indica que por cada mm de precipitación 0.53 mm llegarán a la estación hidrológica como escorrentía directa. En la presente investigación no se estudió a fondo el cálculo de la escorrentía superficial por el mismo procedimiento que demanda, pero en el balance hídrico con caudales mínimos se obtuvo como resultados volúmenes de agua que superan la demanda solicitada por la población de la localidad Santa Clara.

Carchi, 2015 realizó el balance hídrico mensual para la zona alta, cuyo resultado muestra que para los meses de enero a julio y de octubre a diciembre la demanda se satisface al 100 %, al contrario, los meses que presentan un déficit de agua son agosto y septiembre sin poder así satisfacer las necesidades hídricas de la zona alta de la cuenca del río Machángara. En la determinación del balance hídrico de la microcuenca quebrada Santa Clara no se presenta déficit de agua, más bien estos resultados positivos ayuda en la toma de decisiones para cubrir con las necesidades que tiene la localidad Santa Clara.

CONCLUSIONES

En la demanda hídrica de la localidad Santa Clara se generó un caudal para el año 20 de $0.00035 \text{ m}^3/\text{s}$, que viene a ser el caudal utilizado para poder obtener la disponibilidad hídrica. Para la oferta hídrica de la quebrada Santa Clara se obtuvo valores de $Q_{\min}=0.01208 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\text{med}}=0.04559 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_{\max}=0.09685 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo una oferta hídrica mayor a la demanda hídrica.

Según los resultados de análisis de laboratorio en el parámetro microbiológico y en el hierro se identificó alteraciones en los ECA's del agua, ya que los coliformes totales son $>23 \text{ NMP}/100\text{mL}$, los coliformes termotolerantes o fecales son $>23 \text{ NMP}/100\text{mL}$ y el hierro es 0.4191 mg/L .

En el análisis del balance hídrico de la microcuenca quebrada Santa Clara para cada caso (Q_{\max} , Q_{med} , Q_{\min}) se obtuvieron resultados de excedencia de agua desde el año cero hasta el año 20, teniendo agua sobrante a partir del 95% en todo momento garantizando así la cantidad y continuidad del recurso hídrico.

La evaluación de la disponibilidad hídrica de la microcuenca quebrada Santa Clara generó superávit de agua en los tres casos, con caudales mínimos se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de $343\,755 \text{ m}^3/\text{año}$ y acreditación de agua para el proyecto de $11\,029 \text{ m}^3/\text{año}$, con caudales medios se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de $1\,292\,220 \text{ m}^3/\text{año}$ y acreditación de agua para el proyecto de $11\,029 \text{ m}^3/\text{año}$ y con caudales máximos se obtuvo disponibilidad hídrica sin proyecto de $2\,748\,820 \text{ m}^3/\text{año}$ y acreditación de agua para el proyecto de $11\,029 \text{ m}^3/\text{año}$. Se puede decir que sí es posible utilizar este recurso hídrico en el punto de captación con fin poblacional para poder satisfacer la demanda hídrica de la localidad Santa Clara.

RECOMENDACIONES

La presente investigación demuestra una metodología que podría aplicarse en otros tipos de microcuencas y no solo con fines poblacionales, sino con cualquier otro esquema que aporte en el tema de los recursos hídricos.

Se puede mejorar la metodología utilizando el método probabilístico donde se determina los saltos y tendencias, pero para ello tendríamos que obtener datos históricos de precipitación de otras estaciones meteorológicas, que dichos datos sean más actuales y tener una estación base.

Se debe buscar las opciones más adecuadas y que se asemejen a la realidad para el cálculo de la oferta hídrica, porque el método racional no aplica aquí y en muchas otras zonas por no tener datos de intensidad de lluvia y entre otros parámetros.

Para determinar qué tipo de tratamiento de potabilización necesita el agua no debemos basarnos solo en los resultados de análisis de laboratorio comparado con los ECA's del agua, sino debemos ver los temas de clima, tipo de suelo, cobertura vegetal, pendiente, caudal, escurrimiento, precipitaciones, humedad, etc, para garantizar en todo momento los enfoques de cantidad, calidad, oportunidad y continuidad del servicio.

Si queremos generar información más acertada se tiene que trabajar con datos históricos mínimo de 30 años, para poder observar a más detalle la variación de precipitaciones en el transcurso de los años y realizar aforos diarios de preferencia con correntómetro por lo menos de un año.

Se recomienda a los estudiantes de ingeniería sanitaria y ambiental a realizar investigaciones relacionadas a la determinación o evaluación de la disponibilidad hídrica, porque el recurso hídrico es el líquido elemento vital para todos y debemos velar por su conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antón, D. (1990). *Ciudades sedientas*. CIID informa, v. 18, no. 4.
- Arrueta (2009). *Balance hídrico y análisis de las relaciones precipitación-escorrentía en la microcuenca de la Quebrada El Gallo, San Antonio de Oriente*. Zamorano, Honduras 2009.
- Autoridad Nacional del Agua (2015). Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA.
- Batres y Gómez (2014). *Balance Hídrico y Análisis de Calidad del Agua en la Cuenca del Río San Antonio, Municipio de Nejapa, Departamento de San Salvador*. El Salvador, 2014.
- Calle, E. D., Rivera, H. G., Sarmiento, R. V., & Moreno, P. (2008). *Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano*. Rev. Acad. Colomb. Ciencia, 32(123), 195-212.
- Carchi (2015). *Elaboración de un balance hídrico de la cuenca del Río Machangara*. Ecuador, 2015.
- Consejo consultivo del agua, 2017. *Situación y contexto de la problemática del agua en México*. México, 2017. Recuperado de:
<http://www.aguas.org.mx/sitio/index.php/panorama-del-agua/diagnosticos-del-agua>
- Córdova (2016). *Parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas. Perú 2016*. Recuperado de: http://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26
- Crovetto, P. U. (2013). *Entre la abundancia y la escasez de agua: discursos, poder y biocombustibles en Piura, Perú*. Debates en Sociología, (38), 55-80.
- Decreto Supremo. N° 031-2010-SA, (2010). *Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano*. Lima, Perú 2010.
- E. Cordy (2001). *Una guía sobre la Calidad del Agua*. Recuperado de:
<https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/>

- FAO (2013). *Afrontar la escasez de agua, un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Roma, 2013. Pág. 10
- Fuentes (2011). *Estimación del recurso hídrico superficial en el pico de Tancitaro, Michoacán*. México, 2011.
- García, P. Á. (1996). *Escasez de agua en una región indígena de Michoacán: el caso de la Meseta Purépecha*. El Colegio de Michoacán AC.
- García (2009). *Manual de Proyectos de Agua Potable en Poblaciones Rurales*. Lima, Perú 2009.
- Gómez, G. C., & Santos, R. G. (2012). *Riesgos de escasez de agua en la ciudad de Huancayo al año 2030*. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 2(1).
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Eos, transactions american geophysical union*, 13(1), 350-361.
- Kuroiwa, J. M. (2010). *Recursos hidráulicos en el Perú: una visión estratégica*.
- Ley N° 29338 de *Recursos Hídricos*. Lima, Perú. (23 de marzo del 2009).
- Marco Aguirre Núñez (2005). *Marco conceptual y manejo de cuencas en el Perú*.
- Marroquín (2016). *Balance Hídrico superficial de la subcuenca del Río Paltiture. Piura, Perú* 2016.
- Martínez, Fernández y Salas (2015). *Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas*. México 2015.
- Ministerio del Ambiente, 2017. Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

- Ministerio de Economía y Finanzas, 2017. “Mejoramiento del sistema de agua potable y creación del sistema de alcantarillado de las localidades de San Juan de Pacayzapa y Santa Clara, distrito de Alonso de Alvarado - Lamas - San Martín”.
- Montilla Pacheco, A. D. J. (2007). *Algunas consideraciones en torno a la problemática del recurso hídrico en el Páramo Andino Venezolano*. Geoenseñanza, 12(2).
- More y Guerra (2014). “*Evaluación del uso y aprovechamiento potencial del agua para el abastecimiento poblacional en la microcuenca de la Quebrada Juningullo, Moyobamba, 2013*”. Moyobamba, Perú 2014.
- Moreno y Renner (2007). *Gestión Integral de Cuencas, la experiencia del Proyecto Regional Cuencas Andinas*. Lima, Perú 2007.
- Muñoz (2011). *El problema de la disponibilidad de agua en el Perú*. Lima, Perú 2011.
Recuperado de: <http://enfocaderecho.com/publico/ambiental/el-problema-de-la-disponibilidad-de-agua-en-el-peru/>
- Murray y Larry (2005). *¿Cómo determinar el tamaño de la muestra de una investigación de mercados?* Recuperado de: <https://www.questionpro.com/blog/es/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra/>
- Norma OS-050 redes de distribución de agua para consumo humano (08 de junio del 2006).
- OMM (2011). Guía de prácticas hidrológicas, Gestión de recursos hídricos y aplicación de prácticas hidrológicas. Volumen II. Sexta Edición. 2011.
- Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338. Lima, Perú. (Enero, 2010).
- Ríos (2013). *Métodos para calcular la población futura*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/147294050/METODOS-PARA-CALCULAR-LA-POBLACION-FUTURA>

Hatta Sakoda, M. (2016). *La abundancia del agua y la paradoja del déficit hídrico en el Perú: ¿es un problema sin solución?*.

Servindi (2013). *La preocupante y desigual situación del agua en el Perú*. Perú, 2013.
Recuperado de: <https://www.servindi.org/actualidad/84511>

Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía (2012). *Agua para consumo humano*. Perú, 2012. Recuperado de: <http://www.exploradores.org.pe/pdf2.php?url=pdf/791/Informe-Quincenal-Multisectorial-Agua-para-consumo-humano.pdf>

Solsona, F. (1999). *Cantidad y calidad de las aguas en el mundo y en el Mercosur*. Actas del Taller sobre normas de calidad de agua para distintos usos en el Mercosur. Rosario Argentina, 9, 9-12.

Terán (2017). *Hidrología para Obras Hidráulicas*. Diplomado Presencial - Virtual 2017. Cajamarca, Perú 2017.

Untiveros (2011). *Balance hídrico de la laguna Parón, herramienta para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) en la cuenca del Río Santa*. Lima, Perú 2011.

Vásquez (2001). *Balance Hídrico Superficial de la cuenca del Río Sisa*. Tarapoto, Perú 2001.

Villón (2002). *Hidrología*. Lima, Perú. Segunda Edición (2002).

ANEXOS

ANEXO 1: Panel Fotográfico



Fotografía 1: Fuente de abastecimiento de agua en el punto de captación



Fotografía 2: Aforo en el punto de captación



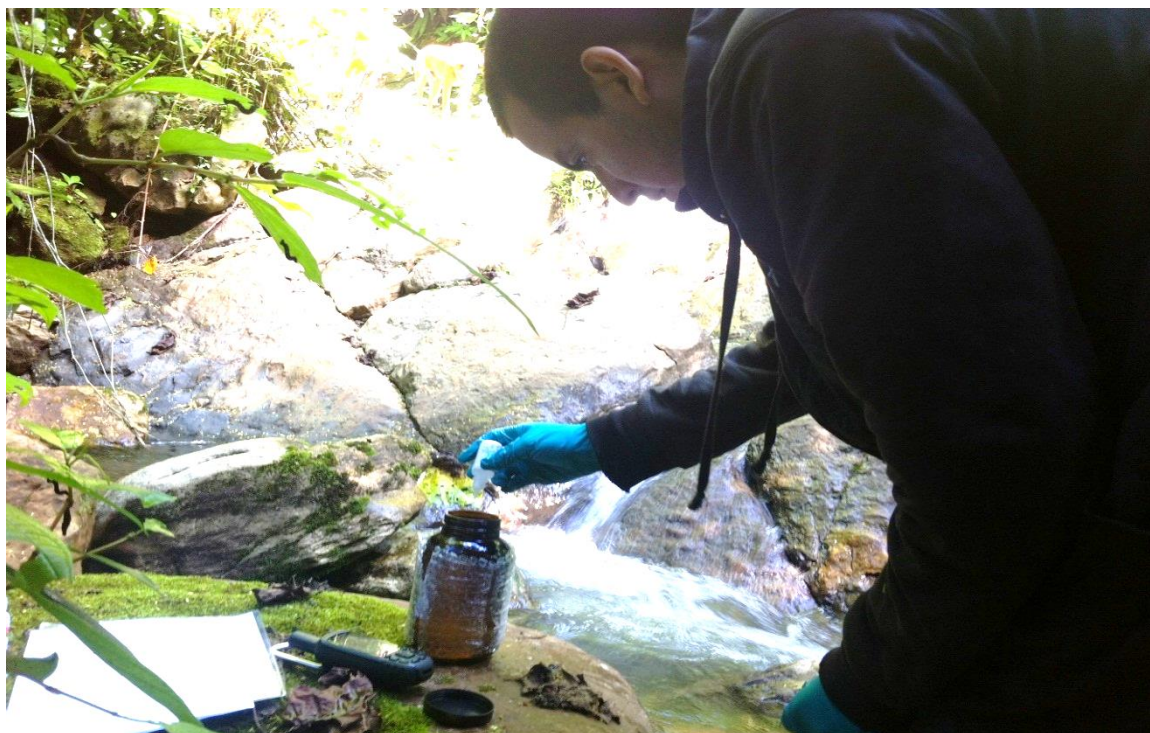
Fotografía 3: Toma de muestras de agua en el punto de captación



Fotografía 4: Toma de muestras para el estudio de Aceites y Grasas



Fotografía 5: Agregando el preservante a la muestra de estudio de metales pesados.



Fotografía 6: Agregando el preservante respectivo a la muestra de estudio de aceites y grasas.



Fotografía 7: Materiales para la toma de muestras



Fotografía 8: Materiales, insumos y equipos utilizados para la toma de muestras

ANEXO 2

Resultados del análisis de las muestras de agua



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 031

Pág. 1 / 4

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56085L/17-MA-MB

CLIENTE	: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ALONSO DE ALVARADO
DIRECCIÓN	: JR. MOYOBAMBA NRO. 478 SAN MARTIN - LAMAS - ALONSO DE ALVARADO
PRODUCTO	: Agua para uso y consumo humano
MATRIZ	: Agua para uso y consumo humano
NÚMERO DE MUESTRAS	: 11
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS	: Frascos de plástico, Frascos de vidrio ámbar, Frascos de plástico estéril
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	: Muestras enviadas por el cliente
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: No Aplica
FECHA DE MUESTREO	: 2017-05-19
LUGAR DE MUESTREO	: Alonso de Alvarado - Lamas - San Martin
REFERENCIA DEL CLIENTE	: San Juan de Pacayzapa
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS	: 2017-05-19
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO	: 2017-05-19
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2017-05-26
ORDEN DE SERVICIO	: 05031-17/LMA

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

BLGA. TERESA ZACARIAS CARO
C.B.P. 1183

JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLOGIA

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

ING. EVELYN P. QUISPE LOROÑA
C.I.P. 98232

LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Callao, 27 de Mayo de 2017

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.
Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INSPECTORATE

Registro N° LE - 031

Pág. 2 / 4

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56085L/17-MA-MB

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestreo				PMA-01
Fecha de Muestreo				2017-05-19
Hora de Muestreo				07:30
Código de Laboratorio				04746
Matriz				00001
				AUCH
Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.	
Cromo Hexavalente	mg/L CrVI	0.02	0.01	<0.02
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	2.1
pH	Unidad de pH	--	--	7.2 (1)
Turbidez	UNT	0.1	0.07	3.4
Conductividad Específica	µs/cm	1.0	1.0	117.9
Aceites y Grasas (1)(2)	mg/L	1.0	0.6	<1.0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	10.0	5.4	78.0
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	3.0	1.3	<3.0
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	0.015	0.008	0.047
Coliformes Totales	NMP/100ml	1.1	--	>23
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.1	--	>23

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.

>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



INACAL

DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INSPECTORATE

Registro N° LE - 031

Pág. 3 / 4

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56085L/17-MA-MB

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestreo	PMA-01		
Fecha de Muestreo	2017-05-19		
Hora de Muestreo	07:30		
Código de Laboratorio	04746		
	00001		
Matriz	AUCH		
Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.

Metales Totales ICP-MS

Li (Tot)	mg/L	0.0012	0.0003	0.0035
B (Tot)	mg/L	0.0012	0.0006	<0.0012
Be (Tot)	mg/L	0.0006	0.0003	<0.0006
Al (Tot)	mg/L	0.0019	0.0010	0.1149
P (Tot)	mg/L	0.0033	0.0016	0.0312
Ti (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	0.0011
V (Tot)	mg/L	0.0003	0.0002	0.0011
Cr (Tot)	mg/L	0.0005	0.0002	<0.0005
Mn (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	0.0081
Co (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Ni (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	0.0021
Cu (Tot)	mg/L	0.0001	0.0001	0.0033
Zn (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	0.1463
As (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	<0.0004
Se (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Sr (Tot)	mg/L	0.0020	0.0010	0.0381
Mo (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Ag (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Cd (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Sn (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	<0.0004
Sb (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Ba (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	0.0395
Ce (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Hg (Tot)	mg/L	0.0001	0.0001	<0.0001
Tl (Tot)	mg/L	0.0003	0.0002	<0.0003
Pb (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	0.0012
Bi (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Th (Tot)	mg/L	0.0010	0.0005	<0.0010
U (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Na (Tot)	mg/L	0.0100	0.0050	2.7712
Mg (Tot)	mg/L	0.0356	0.0178	2.4363
K (Tot)	mg/L	0.0237	0.0119	2.3116
Ca (Tot)	mg/L	0.0303	0.0152	14.5086
Fe (Tot)	mg/L	0.0031	0.0015	0.4191
Si (Tot) (*)	mg/L	0.1000	0.0500	7.4966

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.

>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



INSPECTORATE

Registro N° LE - 031

Pág. 4 / 4

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56085L/17-MA-MB

MÉTODOS DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cromo Hexavalente	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500 Cr-B, 22nd Ed. 2012. Chromium; Colorimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
pH	EPA Method 150.1 1999. pH (Electrometric).
Turbidez	EPA Method 180.1 1999 Turbidity, Nephelometric
Conductividad Específica	EPA Method 120.1 1999 Conductance, Specific Conductance
(*) Aceites y Grasas	EPA 1664 Rev B, Febrero. 2010. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Sólidos Totales Disueltos	EPA Method 160.1 1999 Residue, Filterable (Gravimetric, Dried at 180 °C)
Sólidos Totales Suspendedos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Nitrogeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 22nd Ed 2012. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method.
Coliformes Fecales	SSMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 22nd Ed. 2012 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. (Except item 1. Samples) 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
METALES TOTALES Y DISUELTOS EN AGUA POR ICP MS: Al, Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Hg, Mo, Ni, Se, Ag, Tl, Th, U, V, Zn. METALES TOTALES Y DISUELTOS VALIDADOS: B, P, Sr, Li, Bi, Na, Ca, Ti, Sn, Ce, Mg, Fe, K.	EPA 200.8, Revision 5.4 1999 Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma mass spectrometry
(*) METALES TOTALES Y DISUELTOS EN AGUA POR ICP MS: Si.	EPA 200.8, Revision 5.4 1999 Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma mass spectrometry

MATRICES

MATRIZ	DESCRIPCIÓN
AUCH	Agua para uso y consumo humano

NOTAS

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante y preservadas.

"L.C." significa Límite de cuantificación.

"L.D." significa Límite de detección.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

(*) El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera de la acreditación otorgada por INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo: por exceder el tiempo máximo de conservación

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA para la matriz indicada.

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Servicios Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.

>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe

ANEXO 3

Plano 01. Plano de ubicación del área de estudio por unidad hidrológica.

